



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

POROVNÁNÍ OZE PRO VYTÁPĚNÍ

COMPARISON OF RENEWABLE SOURCES FOR HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN LAPÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MAREK BALÁŠ, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Lapáček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Porovnání OZE pro vytápění

v anglickém jazyce:

Comparison of renewable sources for heating

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V poslední době se často jako zdroje pro vytápění a přípravu teplé vody využívají rozmanité obnovitelné zdroje. Jejich efektivita a návratnost je však diskutabilní a je třeba je podrobit přísné kalkulaci.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je rešerše o možnostech využití obnovitelných zdrojů pro vytápění a přípravu teplé vody. Dále pak základní ekonomické porovnání.

Seznam odborné literatury:

Quaschnig Volker: Obnovitelné zdroje energií, Praha, Grada 2010, ISBN: 978-80-247-3250-3

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 24.10.2011

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Obsahem této bakalářské práce je odborná rešerše, která se zabývá obnovitelnými zdroji ve vytápění a ohřevu vody. V první části jsou uvedeny obecné charakteristiky a rozdělení jednotlivých obnovitelných zdrojů. Popis jednotlivých druhů je doplněn jejich výhodami a nevýhodami.

Druhá část práce je zaměřena na základní ekonomické porovnání jednotlivých druhů aplikovaných na konkrétním rodinném domě.

ABSTRACT

The content of this bachelor's thesis is the technical research, which focused on renewable sources of energy used for heating and heating water. The first part consists of general characteristics and dividing of each type renewable sources. Description of each type is supplemented with advantages and disadvantages.

The second part of the work is focused on basic economic comparison of all the types, which are used on particular family house.

KLÍČOVÁ SLOV

Obnovitelný zdroj, energie, vytápění, biomasa, tepelné čerpadlo, solární energie

KEYWORDS

Renewable source, energy, heating, biomass, heat pumps, solar energy

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE MÉ PRÁCE

LAPÁČEK, M. Porovnání OZE pro vytápění. Brno: Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta strojního inženýrství, 2012. 42 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze s použitím uvedených zdrojů, odborné literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

V Brně dne:

Martin Lapáček

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za rady a připomínky při vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mě podporovali v průběhu studia.

Obsah

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Úvod | 11 |
| 1.1. | Důvody ke změně | 11 |
| 1.1.1. | Spotřeba fosilních paliv | 11 |
| 1.1.2. | Vliv na životní prostředí | 12 |
| 2. | Obnovitelné zdroje | 13 |
| 2.1. | OZE použitelné ve vytápění | 13 |
| 2.2. | Vytápění OZE v České republice | 13 |
| 3. | Energie slunečního záření | 14 |
| 3.1. | Obecná charakteristika | 14 |
| 3.2. | Solární kolektor | 14 |
| 3.2.1. | Teplonosná látka | 14 |
| 3.2.2. | Tlak výplně | 15 |
| 3.2.3. | Povrch absorbéru | 15 |
| 3.2.4. | Konstrukce | 15 |
| 3.3. | Solární systémy | 16 |
| 3.3.1. | Dělení solárních systému | 16 |
| 3.3.2. | Solární systém pro ohřev vody | 17 |
| 3.3.3. | Solární systém pro vytápění a ohřev vody | 17 |
| 4. | Energie prostředí | 19 |
| 4.1. | Obecná charakteristika | 19 |
| 4.2. | Tepelné čerpadlo | 19 |
| 4.2.1. | Kompresorové tepelné čerpadlo | 19 |
| 4.2.2. | Sorpční tepelná čerpadla | 20 |
| 4.3. | Topný faktor | 20 |
| 4.4. | Zdroje tepla | 21 |
| 4.4.1. | Půdní vrstva | 21 |
| 4.4.2. | Podloží | 21 |
| 4.4.3. | Podzemní voda | 21 |
| 4.4.4. | Povrchová voda | 22 |
| 4.4.5. | Okolní vzduch | 22 |
| 4.4.6. | Vnitřní vzduch | 23 |
| 5. | Energie biomasy | 23 |
| 5.1. | Obecná charakteristika | 23 |
| 5.2. | Biomasa pro vytápění | 23 |
| 5.2.1. | Přehled paliv | 24 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.2.2. | Princip spalování..... | 25 |
| 5.2.3. | Zařízení na spalování biomasy..... | 26 |
| 6. | Ekonomické porovnání | 28 |
| 6.1. | Popis objektu | 28 |
| 6.1.1. | Výpočet spotřeby energie..... | 28 |
| 6.2. | Navržené druhy vytápění | 29 |
| 6.3. | Výpočet nákladu..... | 30 |
| 6.3.1. | Náklady na provoz – dřevo | 30 |
| 6.3.2. | Náklady na provoz – zemní plyn | 30 |
| 6.3.3. | Náklady na provoz – země-voda..... | 31 |
| 6.3.4. | Náklady na provoz – vzduch-voda..... | 31 |
| 6.3.5. | Náklady na provoz – solární ohřev vody | 33 |
| 6.4. | Pořizovací náklady | 34 |
| 6.5. | Ekonomické zhodnocení | 35 |
| 7. | Závěr | 37 |
| | Seznam použitých zdrojů | 38 |
| | Seznam použitých symbolů a zkratk | 41 |

1. Úvod

Při pohledu na současný svět se nám naskytne mnoho problémů, které stojí za zamyšlení. Význam těchto problémů je diskutabilní, ale problémy týkající se energií jsou vždy zásadní.

Rostoucí počet obyvatel spolu s dynamickým vývojem technologií způsobují obrovské požadavky na spotřebu energií. Tato spotřeba každým rokem roste a za současné situace nelze předpokládat, že se na tom něco změní. Z krátkodobého hlediska lze spotřebu plně hradit z neobnovitelných energií, kterých je relativně dostatek. Pro udržitelný stav je ovšem nezbytné přecházet na jiný zdroj energie, který nabízí dlouhodobé řešení. Tento zdroj energie je v tuto chvíli pouze jeden – obnovitelný zdroj energie (OZE).

Obnovitelné zdroje energie jsou využívány člověkem od nepaměti, ale bohužel postupným využíváním neobnovitelných zdrojů energie člověk neměl potřebu OZE více vyvíjet a plně s nimi pokrýt svoji potřebu. Skutečnost, že neobnovitelné zdroje energie jednou dojdou, neměla moc velkou váhu. Situace se začala měnit až poslední desetiletí, a to především třemi fakty: zmiňovanou větší spotřebou, časově omezenými zdroji a také vědecky dokázanou změnou klimatu. Tato klimatická změna, způsobena emisemi z fosilních zdrojů energie, je reakcí naší planety a zároveň hrozbou do budoucna. Nezbyvá nic jiného, než vzít všechny tyto skutečnosti v potaz a co nejrychleji se snažit tento problém vyřešit.

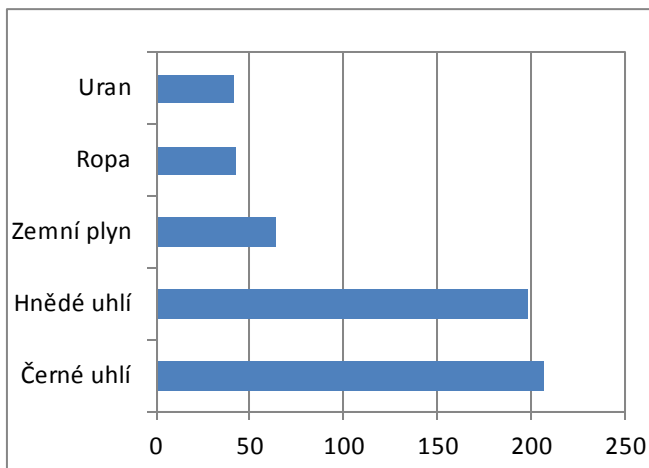
Velkou roli při spotřebě energie hraje vytápění a ohřev vody. Tato skutečnost souvisí především s narůstajícím zvyšováním komfortu bydlení. Existuje mnoho způsobů vytápění, přičemž rozhodujícím faktorem je především cena pořízení a následný provoz. Cílem této práce je tedy představit možnosti vytápění využívající obnovitelné zdroje energie, uvést výhody a nevýhody těchto druhů vytápění a naznačit, co obnáší pořízení. V neposlední řadě je cílem také porovnání těchto způsobů vytápění z ekonomického hlediska, které je pro potenciálního majitele stále nejdůležitějším rozhodovacím kritériem v otázce pořízení jednoho z těchto druhů vytápění.

1.1. Důvody ke změně

1.1.1. Spotřeba fosilních paliv

Zatímco v 19. století pokrývaly obnovitelné energie velkou část energetických potřeb lidstva, můžeme 20. století nazvat stoletím fosilních zdrojů energie. Už v první polovině 20. století vystřídal fosilní paliva ve spalovacích motorech téměř úplně tradiční obnovitelné zdroje energie. Po druhé světové válce stoupala spotřeba energie téměř explozivně. V roce 2000 pokrývala fosilní paliva asi 83 % celosvětové spotřeby primární energie. Jaderná energie pokrývala zhruba 6 % a obnovitelné zdroje 17 %, přičemž největší zastoupení měla vodní energie. S obavami je sledován především nárůst spotřeby v modernizujícím se někdejších třetím světě. Ekonomický růst spojený s nárůstem poptávky po energiích se očekává hlavně v rozvíjejících se zemích Asie (Čína, Indie), Afriky a Latinské Ameriky. Za posledních 20 let se zvýšila spotřeba ropy v Číně 4krát a v Indii 3krát, těžba uhlí se v Číně i Indii zvýšila na trojnásobek a výroba elektrické energie se v Číně zvýšila za posledních 15 let asi 4krát, přestože nárůst populace je v těchto zemích relativně mírný. [1], [2]

Jestliže dnes využíváme fosilních zdrojů energie, bereme si sluneční energii, která se před mnoha miliony let akumulovala, aniž bychom ji v dohledné době obnovili. Přitom náš současný hlad po energii natolik vzrůstá, že v průběhu 21. století budou ložiska fosilních paliv postupně vytěžena. Životnosti zásob fosilních paliv jsou složitou a náročnou otázkou. K naprosto přesnému určení životnosti bychom museli znát mnoho nepředvídatelných údajů, tudíž se snažíme tyto zásoby pouze odhadnout. Při současné spotřebě lze odhadnout dobu do vyčerpání v horizontu několika desítek let (Obr. 1.1) Podle těchto údajů by měla být ropa vytěžena za 43 let. Pokud by se roční těžba zvyšovala, zkrátí se časové úseky. Pokud by se ke známým zdrojům přičetla ještě i nová ložiska, odhaduje se, že by se díky těmto dodatečným zdrojům zásoby zvětšily 1,5krát, tudíž by mohla ropa stačit přibližně na 65 let. [1], [2]



Obr. 1.1 Odhad doby do vyčerpání paliv [1]

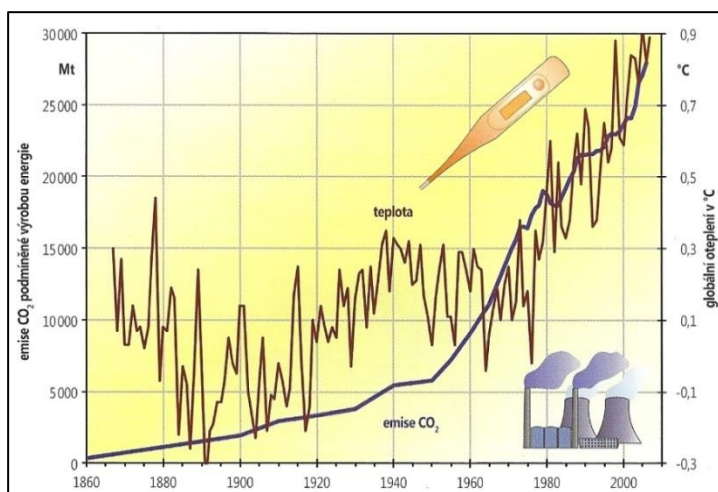
1.1.2. Vliv na životní prostředí

Sektor energetiky je nejvýznamnějším znečišťovatelem životního prostředí, přičemž spalováním fosilních paliv se do ovzduší uvolňují plyny, které jednak způsobují přízemní smog (oxidy dusíku) a jednak způsobují¹ globální oteplování (oxidy uhlíku, metan). Podle Mezivládní komise pro klimatické změny došlo již v důsledku emisí skleníkových plynů ke globálnímu oteplení o cca 0,6 °C od konce 19. století (Obr. 1.2). Z obrázku lze pozorovat korelační závislost mezi množstvím emisí těchto plynů a globálním oteplením. [1]

Podle prognóz Klimatické rady OSN je 50 % pravděpodobnost, že globální průměrná teplota stoupne

do roku 2100 o více než 4 °C. Tento výsledek by byl zničující a ohrozilo by to stovky milionů lidí na celém světě. Globální oteplování má mnoho vlivů na naše životy a jejich negativní dopad zcela převládá. [3]

- Tání ledovců
- Zvyšování hladin moří a oceánů
- Častější přírodní katastrofy
- Extrémní výkyvy počasí



Obr. 1.2 Vývoj emisí CO₂ a globální změny teploty [1]

¹Existují názory, že globální oteplení je přirozený děj a je nesprávně přisuzován vlivu člověka

2. Obnovitelné zdroje

Současný trend ve světové energetice prosazuje velmi pestrý "energetický mix" a zároveň snižování spotřeby fosilních paliv a nahrazování je obnovitelnými zdroji. Obnovitelné zdroje mají velký potenciál především ve své pestré nabídce a relativní nevyčerpatelnosti. Mezi obnovitelné zdroje energie patří:

- Energie vody
- Energie větru
- Energie slunečního záření
- Energie přílivu a odlivu
- Energie prostředí
- Geotermální energie
- Energie biomasy

2.1. OZE použitelné ve vytápění

Při vytápění se snažíme o co nejekonomičtější využití zdrojů energie. Například je zcela nelogické používat elektrický proud vyrobený větrnou elektrárnou k provozu akumulčních kamen. Tudíž mezi OZE použitelné ve vytápění můžeme zařadit jen:

- Energie slunečního záření
- Energie prostředí
- Energie biomasy
- Geotermální energie

Geotermální energie

Díky struktuře Země, která ve svém jádru dosahuje několika tisíc stupňů, můžeme využívat geotermální energie. Zdroj této energie pochází především z radioaktivního rozpadu. Tuto energii lze využít pro vytápění a výrobu elektrické energie, přičemž rozhodujícím faktorem pro využití je technologická náročnost, která souvisí s vhodnými lokalitami. Mezi země, které nejvíce využívají tuto energii, patří Island, Velká Británie, USA, Německo, Švýcarsko a Rakousko.

Nejvhodnější lokality v České republice jsou v Severních Čechách, kde si nyní dostavují první elektrárny, a to v Litoměřicích a v Děčíně. Využití geotermální energie k vytápění můžeme u nás najít spíše ve velkých budovách (školy, zoo, bazény). Využití v rodinných domech je v současné chvíli téměř nulové.

2.2. Vytápění OZE v České republice

Podíl hrubé výroby tepelné energie z OZE se na celkové výrobě tepelné energie v roce 2010 pohyboval zhruba okolo 8 %. Tento podíl vychází z odhadu celkové hrubé výroby tepelné energie v roce 2007 (700 PJ). Podíl obnovitelné energie na primárních energetických zdrojích v roce 2010 činil 6,4 %. Tento odhad se vztahuje k energii obsažené v použitém palivu. [4]

Tab. 2.1 ukazuje podíl OZE² na vytápění v ČR, z kterého lze vidět postupný nárůst. Mírný útlum v letech 2008-2009 lze vysvětlit ekonomickou krizí.

² V tabulce není zahrnuta geotermální energie, jelikož její podíl je nepodstatný a mezi biomasu je zahrnut veškerý biologický materiál (bioplyn, bioodpad..)

| rok | Biomasa [GJ] | Tepelná čerpadla [GJ] | Solární kolektory [GJ] | Celkem [GJ] |
|------|-----------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| 2003 | 38 647 269 | 339 418 | 72 747 | 39 059 434 |
| 2004 | 43 865 823 | 400 763 | 85 171 | 44 351 757 |
| 2005 | 44 784 696 | 509 659 | 102 870 | 45 397 225 |
| 2006 | 45 506 330 | 667 255 | 127 730 | 46 301 315 |
| 2007 | 49 500 533 | 901 886 | 160 498 | 50 562 917 |
| 2008 | 47 413 729 | 1 159 589 | 203 866 | 48 777 184 |
| 2009 | 47 004 112 | 1 445 337 | 265 502 | 48 714 951 |
| 2010 | 51 092 961 | 1 775 703 | 366 468 | 53 235 132 |

Tab. 2.1 Výroba tepla z OZE [4]

3. Energie slunečního záření

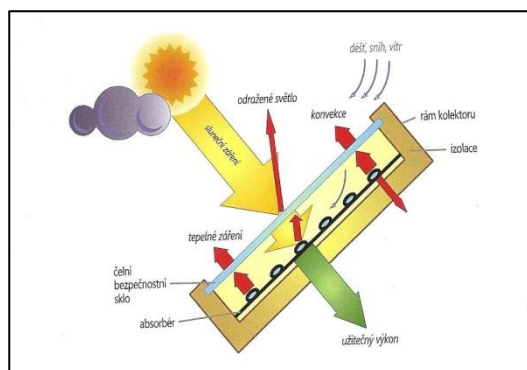
Tato kapitola se zabývá možnostmi využití energie slunečního záření jako způsob vytápění a ohřevu vody.

3.1. Obecná charakteristika

Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, je nejbohatší energetický zdroj dostupný na Zemi. Dopadající sluneční záření lze přeměnit na elektrickou energii, respektive na tepelnou energii, k čemuž slouží fotovoltaický panel, respektive solární kolektor.

3.2. Solární kolektor

Solární kolektor je zařízení sloužící k zachycení a absorbování tepelné energie ze slunečního záření a předání této energie teplotně látky, která proudí uvnitř kolektoru. Základní princip je zřejmý z Obr. 3.1. Jednotlivé druhy kolektoru se už liší pouze v konstrukčním provedení.



Obr. 3.1 Princip solárního kolektoru [1]

3.2.1. Teplotně látky

Tepelná energie je transportována pomocí teplotně látky. Uvnitř kolektoru může proudit jakákoliv tekutina, ovšem v praxi se můžeme setkat pouze s:

- **Kapalinovými** (voda, nemrznoucí směs, metanol)
- **Vzduchovými**

Výběr jedné z těchto látek je ovlivněno především tím, na co bude kolektor použit. Při použití kolektoru k vytápění lze použít oba druhy, naproti tomu k ohřevu vody je vhodný pouze kapalinový kolektor. Kapalinový systém se snadno integruje do používaných systémů, naproti tomu vzduchový systém je využíván ve velkých objektech, které mají rozvedenou vzduchovou infrastrukturu. K hlavním nedostatkům vzduchových kolektorů patří nízká hustota a tepelná kapacita vzduchu. S tím souvisí potřeba větších kolektorů a zásobníků.

U vzduchových kolektorů lze najít také pozitiva, jako je třeba nezamrzání v zimě či menší korozní problémy, díky kterým nacházejí v poslední době čím dál tím větší uplatnění.

3.2.2. Tlak výplně

V každém kolektoru dochází ke konvektivním tepelným ztrátám. Vnitřek kolektoru bývá ve většině případů hermeticky uzavřen, což umožňuje vytvořit vakuum v tomto prostoru. Vakuum poté snižuje tyto ztráty. Podle tlaku výplně lze kolektory dělit na:

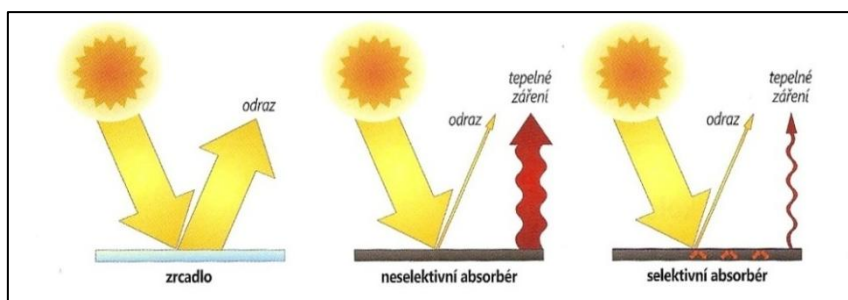
- **Atmosférické**
- **Vakuové**

Nevýhodou vakuových kolektorů je postupné zvyšování tlaků, tudíž se musí vakuum pravidelně obnovovat při pravidelných servicech. U různých konstrukcí je provoz v atmosférickém tlaku nevhodný a vakuum je nezbytné pro funkci zařízení. U atmosférických kolektorů se můžeme setkat s výplní jiného plynu než vzduchu, které také snižuje tepelné ztráty.

3.2.3. Povrch absorbéru

Účinnost každého kolektoru je závislá na použití správného povrchu. Z fyzikálního hlediska při použití černé barvy povrchu dosáhneme největší účinnosti oproti jiným barvám. Ovšem černá barva při ohřátí vyzařuje část tepla do okolí.

Moderní kolektory už nabízejí použití speciálních nátěrů, které účinnost zvětšují. Tyto vrstvy se nazývají selektivní a jsou založeny na bázi oxidu hliníku. Princip těchto vrstev (Obr. 3.2) je postaven na minimalizaci zpětného vyzařování ohřátého povrchu.



Obr. 3.2 Povrch selektivní vrstvy [1]

3.2.4. Konstrukce

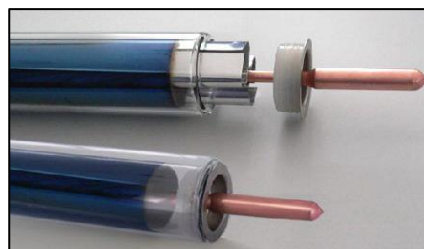
Tvar kolektoru je ovlivněn především jeho konstrukcí. Každá konstrukce je specifická svým principem a také vhodností použití.

- **Absorbér pro bazény** – Jedná se vlastně o plastovou obdélníkovou desku tvořenou plastovou hadicí, v které proudí voda do bazénu. Tento typ je určen pouze pro sezonní ohřev, jelikož jeho účinnost je velmi malá.
- **Plochý** - U těchto kolektorů je větší účinnost díky umístění skleněné desce v popředí a izolaci na zadní straně. Pro teploty, které mohou dosahovat i 150 °C, se používá tzv. kovový absorbér, což jsou v podstatě kovové trubky, připevněné uprostřed kolektoru k plechu.



Obr. 3.3 Plochý kolektor [29]

- **Trubicový** – Speciální typ s vysokou absorpcí. Skládá se ze skleněné trubice, v níž je umístěna tepelná trubka. V tepelné trubce je umístěna snadno se odpařující kapalina (směs metanolu), která se teplem odpařuje a stoupá. Po kondenzaci a předání tepla se celý proces opakuje. Specifikem tohoto typu je nutnost vakua uvnitř skleněné trubice, bez něhož by byla omezena funkčnost.



Obr. 3.4 Trubicový kolektor [27]

- **Koncentrační** – Kolektory vhodné pro ohřev nad 150 °C. Jedná se o trubicový kolektor doplněný zrcadly, kterými se zvyšuje hustota slunečního záření, které dopadá na absorbér. Jsou doplňovány polohovacím zařízením pro měnící se orientaci.



Obr. 3.5 Koncentrační kolektor [24]

3.3. Solární systémy

Samotný kolektor k praktickému využití sluneční energie nestačí. Je zde ještě mnoho komponentů, které dohromady tvoří solární systém. Solární systém se skládá především ze solárního kolektoru, solárního okruhu, tepelného výměníku a zásobníku.

3.3.1. Dělení solárních systémů

V praxi se vyskytují systémy, které lze dělit podle těchto kritérií [5]:

Podle způsobu oběhu teplonosné kapaliny

- **Gravitační systémy**
Teplonosná látka v těchto systémech proudí díky různým hustotám ohřáté a studené kapaliny. Důležitou podmínkou je správné rozmístění komponentů, tzn. kolektory musí být umístěny pod zásobníkem studené vody. Mezi výhody lze zařadit potřebu menšího množství komponentů, jednoduchost, samostatný chod, nižší cenu či větší spolehlivost. Mezi nevýhody ale patří horší regulace, předem dané rozmístění či možnost použití jen pro kapaliny.
- **S nuceným oběhem**
Do systému je připojeno čerpadlo, které zajišťuje stálý oběh teplonosné kapaliny. Regulace zajišťuje proudění, když teplota v kolektoru je vyšší než v zásobníku. Výhodou je především přesná regulace. Mezi nevýhody lze zařadit vyšší cenu, závislost na čerpadle, větší složitost či nižší spolehlivost.

Podle počtu okruhů

- **Jednookruhové**
Tyto systémy ohřívají teplonosnou látku přímo, bez výměníku. Tudíž v systému proudí pouze jeden druh teplonosné látky. Nelze je tedy použít pro ohřev teplé vody v domácnosti. Používají se výhradně v bazénech nebo ve vzduchových systémech. Výhodou je větší účinnost přenosu, nižší cena či jednoduchost, nevýhodou je pak sezonní provoz.
- **Dvouokruhové**
Tento systém pracuje s výměníkem tepla a dvěma nezávislými okruhy. První okruh přivádí ohřátou teplonosnou látku od kolektorů do výměníku tepla. Druhý okruh přijímá teplo z výměníku a vede jej do místa spotřeby. Mezi výhody patří celoroční provoz a možnost použití různých teplonosných látek, k nevýhodám můžeme zařadit horší účinnost, vyšší cenu a větší složitost celého systému.

3.3.2. Solární systém pro ohřev vody

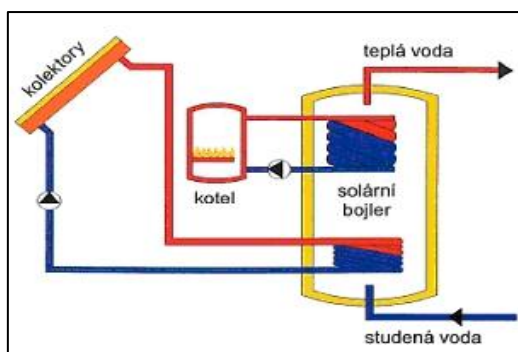
Tento způsob využití solární energie je znám odnepaměti a v současné době je solární systém pouze pro ohřev vody nabízen většinou výrobci zabývající se solárním ohřevem.

3.3.2.1. Ohřev vody v bazénu

Nejjednodušší druh ohřevu vody, který však má řadu výhod. Většina bazénu je používána v období, kdy solární zisk v systému je nejvyšší a plně pokryje potřebu. Nehrozí zde zamrznutí, jelikož je provozován pouze v letním období. Realizace tohoto systému je relativně jednoduchá a cenově přijatelná. Nejlevnější systém lze pořídit od několika tisíc Kč.

3.3.2.2. Ohřev vody pro domácnost

Domácnosti jsou typické potřebou teplé vody i v zimních měsících, ve kterých solární systém snižuje svoji produkci. Tudíž v tomto systému je obvykle požadován dodatečný zdroj energie, jako například elektrický či plynový kotel. Řada výrobců také nabízí kompaktní výrobky, které obsahují elektrický ohřivač, a není nutné připojení ke kotli. Jako teplosná látka je zde nutná nemrznoucí směs. Systém lze konstruovat i pro letní ohřev bazénu, kdy může být solární zisk nadbytečný. Systém je používán i u krytých veřejných bazénů.



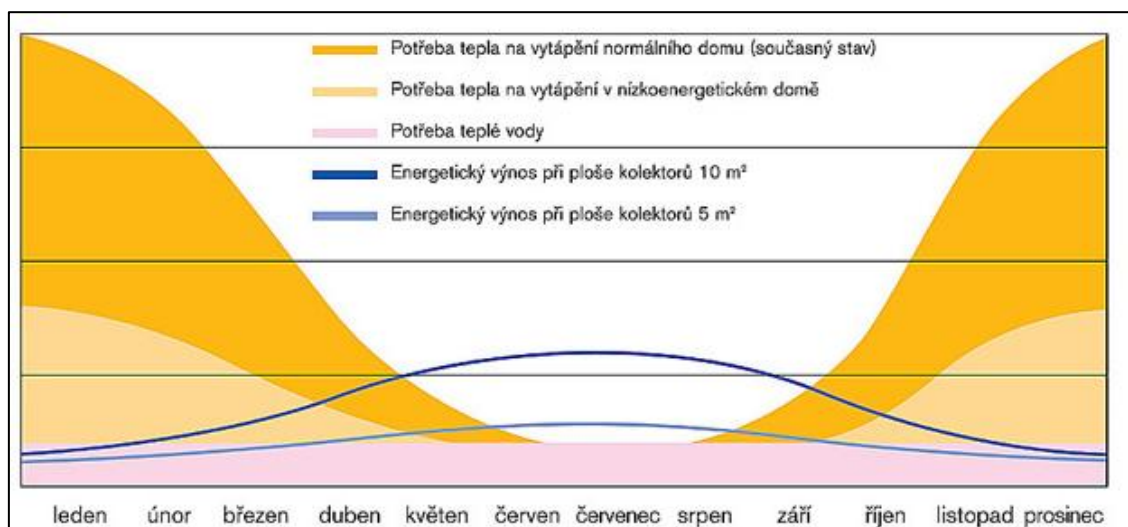
Obr. 3.6 Schéma pro ohřev vody [26]

V našich klimatických podmínkách je nejobvyklejší použití soustavy s nuceným oběhem (Obr. 3.6). Realizace tohoto zařízení je technicky náročnější, tudíž i cena je vyšší. Ceny těchto systémů se pohybují v desítkách tisíc korun.

3.3.3. Solární systém pro vytápění a ohřev vody

Solární energii využíváme k vytápění skoro v každém domě, aniž bychom si to uvědomovali. Jedná se o tzv. pasivní využívání (prosklené místnosti, ohřev stěn domu).

K aktivnímu využívání používáme kolektory zapojené do solárního systému. Solární systém zdaleka nepokrývá veškerou potřebu tepla, což můžeme vidět na Obr. 3.7. Z tohoto



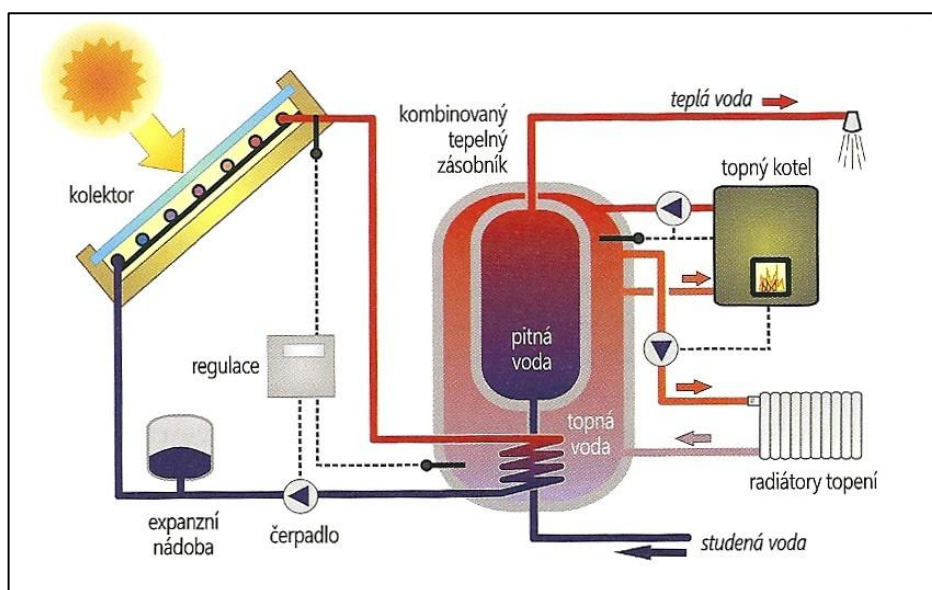
Obr. 3.7 Graf nabídky a potřeby tepla v průběhu roku [30]

důvodu je nezbytné zmínit, že vytápění pomocí solárního systému požaduje dodatečný zdroj energie a má smysl ve většině případů pouze v dobře zaizolovaných objektech, v nízkoenergetických domech a v pasivních domech. V ostatních případech postrádá vytápění pomocí solárního systému smysl a nabízí se pouze solární ohřev vody.

3.3.3.1. Kapalinové systémy

Tyto systémy jsou většinou konstruovány jak pro vytápění, tak pro celoroční ohřev vody. Střední teplota teplonosné látky se v praxi pohybuje mezi 40 až 60 °C, proto je vhodné volit nízkoteplotní otopnou soustavu, jako je například podlahové vytápění.

Tímto systémem lze při dostatečném zásobníku pokrýt veškeré potřeby vytápění a ohřevu vody, ale v našich klimatických podmínkách je tento systém (Obr. 3.8) dimenzován na podporu vytápění, tudíž je nutné zapojit dodatečný zdroj. Instalovaný zásobník umožňuje akumulaci energie na několik dní, přičemž objem tohoto zásobníku je většinou mezi 500 až 2000 l. Tento systém v praxi pokryje zhruba 25 až 30 % energie, především v letních obdobích.



Obr. 3.8 Schéma solárního systému pro podporu vytápění a ohřev vody [1]

3.3.3.2. Vzduchové systémy

S tímto systémem se lze setkat převážně u vytápění budov. Použití pro ohřev vody je nevhodné, jelikož vzduch jako teplonosná látka má nízkou tepelnou kapacitu a jeho teplota v systému nedosahuje požadovaných teplot pro ohřev vody. Princip tohoto systému je oproti kapalinovým jednodušší v tom, že ohřátý vzduch v kolektoru je přímo vhnán do budovy. K transportu vzduchu po budově je potřeba vzduchová infrastruktura, tudíž se nabízí integrace do velkých budov, jako jsou tělocvičny, bazény a kancelářské budovy, kde tato infrastruktura už je zavedena.

Výhodou tohoto systému je skutečnost, že vytápění také plní funkci větrání. V nových rodinných domech je na větrací systémy kladen čím dál tím větší důraz, tudíž tento systém je ideální pro zjednodušení systému vytápění, větrání a klimatizace.

Nevýhodou systému je již zmiňovaná mála kapacita vzduchu. Akumulace tepla je zde možná, ale je mnohem obtížnější. Akumulační zásobníky většinou obsahují štěrk. Mezi další nedostatky patří také nutnost použití ventilátoru, který způsobuje spotřebu další energie a také vydává určitý hluk.

4. Energie prostředí

Jedna z možností vytápění a ohřevu vody je využití energie prostředí, což je vlastně tepelná energie vzduchu, vody a půdy.

4.1. Obecná charakteristika

Už při otevření okna v létě využíváme energii prostředí k ohřevu vzduchu vevnitř. Ovšem při otevření okna v zimě nám prostředí tepelnou energii naopak odebírá. Využití energie prostředí má v tomto případě oboustranný smysl, a proto pro celoroční vytápění nepřipadá v úvahu.

Jedinou možností, jak využít co nejvíce energie z prostředí, je tepelné čerpadlo, které umožňuje dodávat tepelnou energii z prostředí o teplotě nižší než uvnitř domu.

4.2. Tepelné čerpadlo

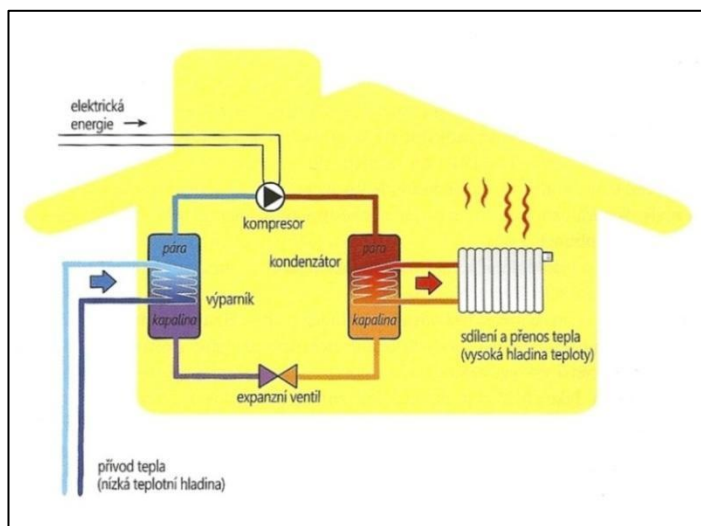
Princip tepelného čerpadla je pro mnohé těžké pochopit. Zřejmě za to může domněnka, že přece nejde využít chladný prostor pro vytápění teplejšího prostoru. Když ale princip tepelného čerpadla přeformulujeme tak, že tepelné čerpadlo poháněné energií převádí nízkoteplotní teplo okolního prostředí na vyšší teplotní hladinu, lze vidět určité objasnění. Tento popis už jasně říká, že se teplota nezvedne samovolně, ale je k tomu potřeba dodávat energii. Tato energie je mechanická či elektrická a v zásadě je to hlavní nedostatek provozu čerpadla. Podle principu lze rozlišovat tepelná čerpadla:

4.2.1. Kompresorové tepelné čerpadlo

Jednoznačně nejpoužívanějším druhem tepelného čerpadla je kompresorové tepelné čerpadlo, jehož princip lze vidět na Obr. 4.1. V uzavřeném okruhu se využívá změny skupenství chladiva závislé na tlaku a teplotě. Kapalně chladivo se ve výparníku teplem z prostředí odpařuje a pomocí kompresoru se stlačuje a kondenzuje za vyšší teploty. V této fázi se odebere teplo pro libovolné využití a natlakované kapalně chladivo je expanzním ventilem vráceno na začátek cyklu.

Nedostatkem těchto čerpadel je kompresor, který je velice drahý a také má omezenou životnost. Mezi základní druhy kompresoru lze řadit [6]:

- **Pístový kompresor** – Nejstarší druh používaných kompresorů, jeho životnost je cca 15 let. Bývají hlučnější a mají horší topný faktor. Jejich výhodou je nižší cena. [6]
- **Spirálový kompresor (Scroll)** – V současné době nejpoužívanější druh. Jejich životnost se pohybuje okolo 20 let. Mají dobrý topný faktor. Nevýhodou je ovšem vyšší cena. [6]
- **Rotační kompresor** – Jejich použití je omezené, hlavně pro malé výkony například v klimatizačních jednotkách. Topný faktor je srovnatelný s pístovými kompresory. [6]



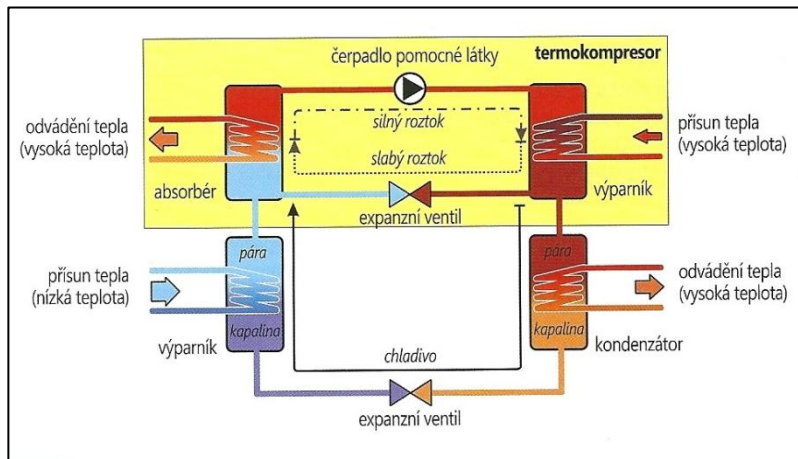
Obr. 4.1 Princip kompresorového tepelného čerpadla [1]

- **Šroubový kompresor** – Tyto kompresory nacházejí uplatnění zejména v průmyslu. Dosahují velkých výkonů. Jejich cena je ovšem nejvyšší. [6]

4.2.2. Sorpční tepelná čerpadla

Součástí těchto čerpadel je tzv. termokompresor, který je místo elektrické energie poháněn tepelnou energií, zpravidla o vyšší teplotě než vychází z tepelného čerpadla. Princip pohonu teplem (Obr. 4.2) se děje chemicko-tepelným postupem – sorpcí, což je pohlcování plynu kapalinou (absorpce) nebo pevnou látkou (adsorpce). Většinou je používán roztok vody a amoniaku. [1], [6]

Pohon tepelnou energií namísto elektrické se považuje za výhodu. Malý podíl elektrické energie zde však je použit a to k pohonu čerpadla pomocné látky. K dalším výhodám patří velmi tichý chod a také větší spolehlivost. Nevýhodou je použití amoniaku, který je jedovatý a hořlavý, konstrukční složitost a také horší efektivita, což způsobuje, že se tyto čerpadla v praxi téměř nepoužívají i přes svoje nesporné výhody. [1], [6]



Obr. 4.2 Princip absorpčního tepelného čerpadla [1]

4.3. Topný faktor

Hlavním porovnávacím měřítkem jednotlivých tepelných čerpadel je právě topný faktor. Jednoduše z něj jde zjistit, jak je tepelné čerpadlo výhodné či nevýhodné.

$$\varepsilon_T = \frac{Q_z}{A_s}$$

ε_TTopný faktor [-]

Q_zZískané teplo k vytápění [kWh]

A_sSpotřebovaná práce kompresoru [kWh]

Topný faktor tedy vyjadřuje tepelný výkon čerpadla při jeho příkonu. Například, je-li příkon kompresoru 1,5 kW a topný faktor 4, tak tepelný výkon je 6 kW.

V průběhu roku se topný faktor mění v závislosti na okolních teplotách, tudíž by mělo být u každého tepelného čerpadla uvedeno, jaké teploty odpovídají tomuto topnému faktoru. Obecně lze říci, že vyšší hodnoty lze dosáhnout při vyšších teplotách okolního prostředí a nižších teplotách uvnitř budovy.

Někteří výrobci tepelných čerpadel uvádějí průměrný roční topný faktor (Tab. 4.1), který je výhodnější používat pro rychlé ekonomické srovnání.

| Průměrný roční topný faktor | Země/voda | Vzduch/voda |
|-----------------------------|-----------|-------------|
| | 3,3 | 2,6 |

Tab. 4.1 Průměrný roční topný faktor [7]

4.4. Zdroje tepla

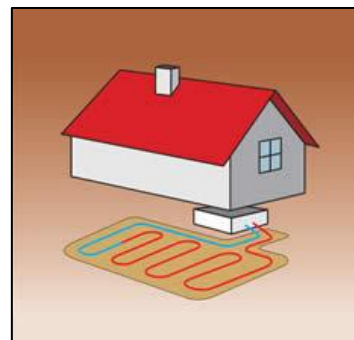
Tepelné čerpadlo odebírá tepelnou energii z prostředí, přičemž zdrojů tepla může být několik. Zvolený zdroj poté specifikuje, jaké tepelné čerpadlo musí být použito a s jakým okruhem bude pracovat. Setkat se můžeme s následujícími zdroji:

4.4.1. Půdní vrstva

Jedním z používaných zdrojů tepla je země, respektive půdní vrstva. Tepelné čerpadlo odebírá teplo z půdy (Obr. 4.3), přičemž většina energie pochází z akumulované sluneční energie. Tepelný výměník tvoří většinou rovnoběžně uložené plastové hadice, které jsou uloženy ve výkopu v půdní vrstvě. Hadice, v kterých proudí nemrznoucí směs, jsou umístěny minimálně v metrové hloubce a jsou od sebe vzdáleny minimálně 60 cm. [6]

Výhodou tohoto typu jsou relativně menší pořizovací náklady na stavební práce s porovnáním s ostatními a také dobrý topný faktor.

Mezi nevýhody patří především nutnost dostatečně velkého pozemku. Velikost se pohybuje průměrně nad 200 m². S tím jsou spojeny i stavební práce na pozemku a musí se počítat s omezením pozemku například pro vysazení stromů. Při špatně provedeném návrhu hrozí i promrzání pozemku a je nutná regenerace.



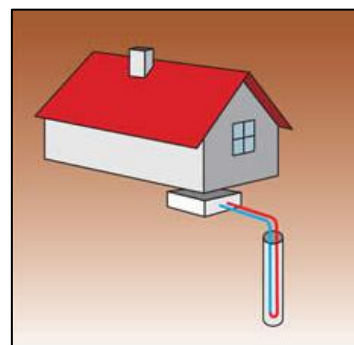
Obr. 4.3 Půdní vrstva [23]

4.4.2. Podloží

Dalším zdrojem tepla ze země může být podloží domu. Pro získání tohoto tepla jsou používány hlubinné vrt. V tomto vrtu je svisle uloženo plastové potrubí s nemrznoucí kapalinou. Průměr vrtu je okolo 15 cm a délka vrtu je přibližně 15 metrů na 1kW výkonu, z tohoto důvodu je někdy lepší volit více kratších vrtů. [6]

Největší výhodou je velmi dobrý topný faktor, který v průběhu roku klesá minimálně. Také není potřeba rozlehlého pozemku jako v předchozím případě. Vrt lze také používat ke klimatizaci v letních obdobích, kdy odebíráme teplo z domu a ukládáme do vrtu.

Nevýhodou je bezesporu cena stavebních prací, která se pohybuje v řádu desítek tisíc. Zhotovení vrtu může být také omezeno geologickými podmínkami, s tím souvisí i potřeba stavebního povolení.



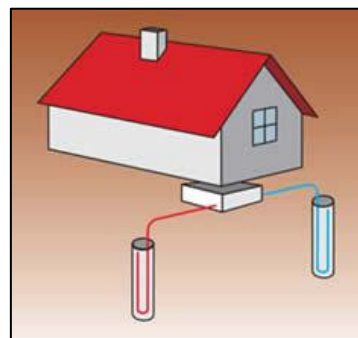
Obr. 4.4 Podloží [23]

4.4.3. Podzemní voda

Zdrojem tepla pro tepelné čerpadlo může být namísto země i voda. Jednou z možností je podzemní voda, která má relativně vysokou teplotu a především vysokou tepelnou kapacitu. Jsou zde potřeba dvě studny umístěné dostatečně daleko od sebe, z nichž jedna slouží jako zdrojová a druhá jako vsakovací pro doplňování podzemní vody. Podzemní voda je přímo čerpána do tepelného čerpadla, kde předává svoji tepelnou energii.

Výhodou podzemní vody je především velmi vysoký a stabilní topný faktor, který je dán po celý rok stabilní teplotou podzemní vody.

Nevýhodou tohoto zdroje je především to, že pouze málo lokalit má v okolí zdroj podzemní vody. Když už tento zdroj existuje, může být jeho použití omezeno malou vydatností. Důležité je také minerální složení vody, které v určitých případech může velmi zanášet výměník tepelného čerpadla a je potřeba pravidelný servis zařízení. Další nevýhodou je oběhové čerpadlo, které musí být stále v oběhu. Nutnou podmínkou je také povolení od vodohospodářského úřadu na základě geologického průzkumu.



Obr. 4.5 Podzemní voda [23]

4.4.4. Povrchová voda

Teplo lze využít i z povrchové vody, které je v některých lokalitách dostatek. Čerpání přímo této vody do čerpadla je nevhodné z důvodu špatné kvality vody a čistoty. V tomto případě je u dna rybníku či nádrže umístěn tepelný výměník, který je tvořen opět plastovou hadicí naplněnou nemrznoucí směsí. Délka hadic je podstatně kratší než v případě zemních výměníků.

Za výhody tohoto provedení můžeme považovat (v případě velké vodní plochy) poměrně dobrý a stabilní topný faktor, jelikož teplota vody u dna je stabilně kolem 4 °C. Instalaci kolektoru lze provádět při budování rybníku nebo jeho výlovu, tudíž náklady na instalaci nejsou vysoké.



Obr. 4.6 Povrchová voda [23]

V případě malého přítoku či malé vodní plochy může docházet k podchlazení či zamrznutí vody. Další nevýhodou jsou možné problémy při odbahňování či povodních. V případě, že nemáme vlastní vodní plochu, musíme dostat povolení od vlastníka či správce.

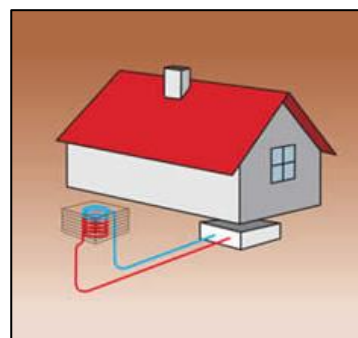
4.4.5. Okolní vzduch

Za nejjednodušší řešení se dá považovat využití venkovního vzduchu. Venkovní jednotka opatřená ventilátorem nasává okolní vzduch a transportuje ho k tepelnému čerpadlu. Použitý vzduch musí být vypouštěn v dostatečné vzdálenosti od nasávaného vzduchu, aby se navzájem nemísily.

Především varianty se prakticky používají jen k ohřevu vody v topném systému nebo v zásobníku teplé vody. Tento zdroj tepla umožňuje ohřívat vodu i vzduch. V případě ohřívání vzduchu je tento vzduch přímo vháněn do místností a funguje i jako větrání či klimatizace.

Výhodu při ohřevu vzduchu lze spatřovat v lepší účinnosti a rychlejšímu ohřevu, jelikož ohřátý vzduch je přímo vháněn do místnosti. Další výhodou jsou nižší pořizovací náklady, jednoduchá instalace a minimální požadavky na prostor k umístění celé jednotky.

Nevýhoda tohoto provedení je především v topném faktoru, který klesá v období největší potřeby tepla. V poslední době se lze ale setkat s výrobky, které i při teplotách -15 °C vykazují relativně uspokojivý topný faktor. Problém může být i ve venkovní jednotce obsahující ventilátor, který způsobuje určitý hluk a spotřebuje více energie než předchozí provedení.



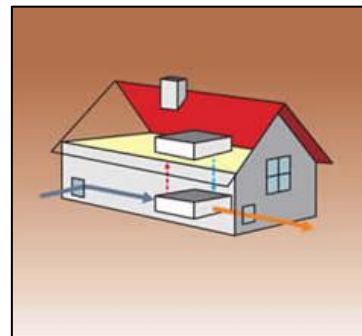
Obr. 4.7 Okolní vzduch [23]

4.4.6. Vnitřní vzduch

V dobře zateplených objektech lze uvažovat i o využívání odpadního tepla jako zdroje pro tepelné čerpadlo. Odpadní teplo, které má stále relativně vysokou teplotu, je ideální pro provoz čerpadla. Je nutné zde mít větrací systém, který vyměňuje vnitřní vzduch a právě odpadní vzduch je před vypuštěním z domu ochlazován tepelným čerpadlem.

Výhodou tohoto čerpadla je velmi dobrý topný faktor, který je způsoben malými rozdíly vstupního a výstupního vzduchu v čerpadle.

Omezené množství odpadního vzduchu je poměrně velký nedostatek, který způsobuje velmi malé rozšíření tohoto typu čerpadla.



Obr. 4.8 Vnitřní vzduch [23]

5. Energie biomasy

Další možností při vytápění a ohřevu vody je energie biomasy. Jak lze vidět z tabulky z úvodu (Tab. 2.1) je biomasa hlavní složkou ve využívání OZE v České republice.

5.1. Obecná charakteristika

Pojmem biomasa označujeme veškeré látky živých či odumřelých organismů, tedy všech forem živočichů a všech forem rostlin. Živočichové potřebují primárně pro život rostliny a rostliny potřebují fotosyntézu poháněnou sluneční energií, tedy biomasa patří do obnovitelných zdrojů energie.

Energetické využití biomasy má mnoho podob pro různé účely a lze ho rozdělit na:

- Spalování biomasy
- Výrobu kapalných paliv
- Výrobu plyných paliv

Primárním účelem spalování biomasy je výroba tepla. V posledních letech roste i výroba elektřiny spalováním biomasy, například v České republice jsou v provozu čtyři větší elektrárny. [8]

Druhotně vyrobená kapalná paliva se převážně vyrábí esterifikací či alkoholovým kvašením rostlin a nejčastěji se používají jako palivo pro pohon vozidel.

Výroba plyných paliv se spíše orientuje na živočišnou biomasu respektive na živočišné odpady, které jsou především fermentací zpracovány na bioplyn. Bioplyn je nejčastěji využit pro výrobu elektřiny, tepla či k pohonu vozidel.

5.2. Biomasa pro vytápění

V praktickém využití rostlinná složka výrazně převyšuje živočišnou. Jak už bylo zmíněno, pro výrobu tepla je nejběžnější přímé spalování biomasy. Druhotně vyrobená paliva z biomasy, především bioplyn, lze také využívat pro výrobu tepla. Nejčastěji je bioplyn využíván při kombinované výrobě elektřiny a tepla ve větších provozovnách nebo lze bioplyn přimíchávat k dodávkám zemního plynu.

Zdaleka nejběžnějším způsobem výroby tepla z biomasy pro domácnosti v České republice je spalování biomasy a to především tuhé rostlinné složky. Zdroje této biomasy lze dělit:

- **Biomasa zbytková** – Převážnou část tvoří zemědělské a lesní odpady: sláma, seno, kůra, větve. Zdroje těchto produktů jsou lokálně umístěny, tudíž pro dopravu a zpracování je požadována logistika, která v některých případech není efektivní. Lesní odpady jsou buď zpracovány štěpkovači, nebo při větších rozměrech je z nich produkováno palivové dřevo.
- **Biomasa záměrně produkovaná** – Tento poměrně rozvíjející se zdroj zahrnuje především rychle rostoucí plodiny, které mohou nabídnout vyšší produkci než běžně pěstované stromy a rostliny. Patří sem především vrby, topoly, olše, srha, sloní tráva, konopí, řepka. Využití těchto plodin nabízí určitý potenciál, ovšem nesmí se zapomínat na skutečnost, že tyto plodiny mohou zabírat půdu na úkor potravinových plodin



Obr. 5.2 Ukázka zpracování biomasy [21]



Obr. 5.1 Japonský topol [28]

5.2.1. Přehled paliv

Každý druh paliva je specifický svými vlastnostmi, které výrazně ovlivňují průběh spalování. Mezi hlavní vlastnosti patří vlhkost a výhřevnost. Obě tyto vlastnosti spolu souvisí a ovlivňují se. Obecně lze říci čím větší vlhkost, tím menší výhřevnost. Pro využívání biomasy v domácnostech lze uvažovat tyto paliva:

- **Palivové tvrdé dřevo** - Zjednodušeně lze říci, že mezi tvrdé dřevo patří především listnaté stromy (buk, dub, jasan). Tvrdé dřevo obsahuje vysoké množství ligninu, který způsobuje velmi dobrou výhřevnost. Použití lze doporučit pro otevřené topeniště, ale i pro uzavřené kotle. Další výhodou je velmi nízký obsah popele.
- **Palivové měkké dřevo** - Mezi měkké dřevo patří především jehličnaté stromy (smrk, borovice, modřín) a některé listnaté stromy (lípa, bříza). Výhřevnost těchto paliv je obecně nižší. Mezi nevýhodu patří i velké množství pryskyřic, které způsobuje praskání, tedy toto dřevo není vhodné pro otevřené topeniště.
- **Dřevní štěrka** - Jedná se většinou o dřevní odpad zpracovaný štěpkováním na drobné špalíčky. Výhřevnost je závislá na zpracovaném dřevě. Lze spalovat ve všech typech kotlů, ovšem existují automatizované kotle speciálně určené pro štěrku.

- **Pelety (Brikety)** - V poslední době se velice oblíbeným druhem paliva staly pelety a brikety, které jsou vyrobeny lisováním dobře vysušených pilin na malé válečky v případě pelet, respektive na větší kvádry v případě briket. Výhodou je relativně vysoká výhřevnost. Pelety jsou používány především v automatizovaných kotlích, briket většinou v krbech. Za nevýhodu lze považovat vyšší cenu oproti předešlým palivům.
- **Sláma** - Relativně nově používaným druhem paliva je sláma, která vyžaduje speciální typ kotlů, jejichž nabídka je stále velmi omezená. Sláma je většinou zpracována v balících, které se přímo vkládají do kotle. Tyto kotle mají výkony přes 30 kW a jsou vhodné pro větší objekty. Výhřevnost slámy je srovnatelná s vyschlým dřevem. Uplatnění se nabízí především na vesnicích, kde lze slámu pořídit téměř zadarmo a z mnoha zdrojů.
- **Ostatní paliva** – Do této kategorie můžeme řadit například obilí, hořčice nebo mák. Tyto plodiny lze spalovat v zařízeních určených pro pelety. Výhřevnost těchto plodin je menší než u předešlých plodin, ale na lokální úrovni v případě přebytku úrody lze tyto plodiny použít jako palivo. Avšak především z důvodu primárního využití těchto plodin k potravě, by tyto plodiny měly být využívány k výrobě tepla pouze ve velmi malé míře.

5.2.2. Princip spalování

Biomasa je specifická v tom, že při spalování hoří především plyn, respektive okolo 75 % hmotnosti je přeměněno na plyn. Důkaz o spalování plynu můžeme vidět v dlouhých plamenech. Tento fakt hraje důležitou roli při konstrukci topeniště, respektive je požadován velký spalovací prostor. [9]

V první fázi dochází k odpařování vody. Toto odpařování odebírá teplo potřebné k odpaření, které je většinou zbytečně ztraceno ve zplodinách (výjimku tvoří kondenzační kotle).

V další fázi dochází na vysušeném dřevě k tepelnému rozkladu (pyrolýza). Tímto vzniká směs hořlavých plynů. Pro největší využití těchto plynů je potřeba dostatek kyslíku, který je řešen dvěma způsoby. Prvním způsobem, který je méně účinný, je pouze přívod jednoho zdroje vzduchu, který je využit pro všechny fáze spalování. Mnohem výhodnější je ale použití dvou zdrojů vzduchů, respektive primárního k tvorbě plynů a částečnému spalování těchto plynů a sekundárního (většinou přehřátého) k dohoření těchto plynů. Toto rozdělení je nejlépe vyřešeno v moderních kotlích, které mají topeniště rozděleno na dvě části pro lepší spalování plynů pomocí sekundárního vzduchu a mohou být vybaveny elektronickým řízením dodávaného vzduchu. [10]

Poslední fáze je hoření vzniklého dřevěného uhlí. Tato fáze už probíhá téměř bez plamene s přívodem primárního zdroje vzduchu.

Spalování tuhé biomasy lze tedy považovat za velmi problematické. Pro dosažení největší účinnosti je potřeba správný poměr primárního a sekundárního vzduchu, dobře vyřešená konstrukce topeniště a optimální vlhkost paliva. Je důležité zmínit, že při omezení přívodu vzduchu dochází ke zpomalení hoření a snížení výkonu, ale současně velmi klesne účinnost a tvoří se škodlivé látky (oxidy dusíku, aromatické uhlovodíky, saze).

5.2.3. Zařízení na spalování biomasy

V současné době existuje nepřeberné množství zařízení pro spalování biomasy. Výrobci těchto zařízení nabízejí jednak zařízení s nutností obsluhy ale i plně automatizovaná zařízení. Nelze vybrat kterýkoliv druh zařízení, jelikož každé je v něčem specifické. Základní rozdělení je na lokální a ústřední topidla, ovšem lokální topidla jsou v mnoha případech upravena a používána jako ústřední.

5.2.3.1. Krby, krbové vložky, krbová kamna

Krb je jedním z nejstarších způsobů vytápění. Základní konstrukci tvoří pouze otevřené topeniště s roštem a komínem. Přenos tepla je realizován především tepelným zářením. Krb odebírá hodně vzduchu z místnosti, čímž se jeho účinnost pohybuje okolo 20 %. Pořízení krbu má v současné době spíše vizuální efekt. [10]

Krbové vložky jsou v podstatě uzavřené krby. Regulací přiváděného vzduchu a také možností instalace tepelného výměníku (teplovodní či vzduchový) dosahuje účinnost i 70 %. Teplovodní výměníky mohou sloužit i k ohřevu vody.

Krbová kamna (Obr. 5.3) představují určitý druh krbové vložky. Jsou většinou přenosné, což umožňuje větší variabilitu oproti krbům a krbovým vložkám.

Jako palivo slouží především palivové tvrdé dřevo nebo brikety. Existují i plně automatizovaná krbová kamna na pelety. Krbové vložky a kamna jsou výhodné pro vytápění jedné místnosti, mají relativně dobrou účinnost a v neposlední řadě poskytují pohled na plápolající oheň. Používají se především jako doplňkový zdroj nebo v místnostech, které potřebujeme rychle vytopit (chaty, chalupy).

V nízkoenergetických domech můžeme uvažovat o zapojení akumulční nádrže, která nám umožní provozovat krbovou vložku či kamna jako jediný zdroj při nejlepší účinnosti a to pouze několikrát v týdnu. [11]



Obr. 5.3 Krbová kamna [25]

5.2.3.2. Kachlová kamna

S kachlovými kamny (Obr. 5.4) se můžeme setkat především na vesnicích, kde byla tato kamna velmi oblíbená. Jejich největší předností je akumulace tepla pomocí použitých kachlí. Navíc kamna bývají většinou robustní pro co největší odevzdání tepla ze spalín a mohou také obsahovat průduchy pro ohřívání vzduchu v místnosti. Toho může být využito i pro teplovzdušné vytápění celého objektu. Kachlová kamna tedy představují určitou obdobu krbových vložek s akumulční nádrží.

Použití kachlových kamen je stejné jako v případě krbů, přičemž mohou být využívány i pro vaření (kachlový sporák). Jako palivo je nejčastěji používáno palivové dřevo.



Obr. 5.4 Kachlová kamna [22]

5.2.3.3. Ústřední kotle.

V našich podmínkách se jedná o nejrozšířenější způsob vytápění. Princip těchto kotlů je založen na ohřívání vody, která proudí v ústředním topení. V nízkoenergetických domech lze používat i vzduch místo vody. Minimální výkon kotlů se pohybuje okolo 7 kW. Regulace tohoto výkonu při zachování ideálních podmínek spalování a účinnosti je relativně obtížná, tudíž se doporučuje instalace akumulční nádrže (především do nízkoenergetických domů), která výrazně pomáhá regulaci.

V nabídce výrobců můžeme najít jednoduché kotle na kusové dřevo s menší účinností i plně automatické zplyňovací kotle na pelety s účinností okolo 90 %.

Výhody těchto kotlů jsou především v jejich pestré nabídce, ve vysoké účinnosti, v kvalitním spalování paliva a v relativně levném pořízení. Jako palivo může být použito palivové dřevo (Obr. 5.5), brikety, pelety a ve větších kotlích především štěpka nebo sláma.



Obr. 5.5 Kotel na dřevo [25]

6. Ekonomické porovnání

6.1. Popis objektu

Pro ekonomické zhodnocení jsem si vybral rodinný dům v blízkosti Poličky. Dům je 4 roky stará dřevostavba o výměře obytné části 110 m². V objektu se nachází obývací pokoj spojený s kuchyní, 2 pokoje, pracovna, chodba, záchod, koupelna a garáž, ve které je umístěn jediný zdroj vytápění - kotel na tuhá paliva Viadrus Hercules U26 o jmenovitém výkonu 8-15kW. Kotel spaluje především kusové dřevo a občasné dřevěné brikety. Jelikož zateplení budovy je velmi dobré, kotel je provozován značně neefektivně. Kotel je roztopen na vyšší teplotu (cca 80 °C) a poté je uzavřen přívod vzduchu a kotel se drží na teplotě cca 50°C při zdlouhavém a neefektivním spalování. V domě je instalováno ústřední topení, které ohřívá i kombinovaný bojler o objemu 160 litrů.



Obr 6.1 Rodinný dům vybraný pro ekonomické porovnání

Výpočet spotřeby energie je provedeno pomocí známé spotřeby paliva, výhřevnosti a také z účinnosti kotle udávané výrobcem (ve skutečnosti se pravděpodobně velmi lišila).

6.1.1. Výpočet spotřeby energie

Spotřeba dřeva..... $Q_d = 3\,450\text{ kg/rok}$

Průměrná výhřevnost dřeva..... $H_d = 13,4\text{ MJ/kg}$

Spotřeba briket..... $Q_b = 500\text{ kg/rok}$

Průměrná výhřevnost briket..... $H_b = 16,2\text{ MJ/kg}$

Reálná spotřeba energie..... $Q_{cr} = Q_d \cdot H_d + Q_b \cdot H_b = 54\,335\text{ MJ/rok}$

Účinnost kotle na dřevo..... $\mu_k = 0,75$

Teoretická spotřeba energie $Q_c = Q_{cr} \cdot \mu_k = 40\,751\text{ MJ/rok}$
 $= 11\,320\text{ kWh/rok}$

Takto vypočtená spotřeba energie vyjadřuje teoretické množství energie, které potřebuje uvažovaný dům k celoročnímu vytápění při současném ohřevu vody. Tato spotřeba může sloužit k energetickému a ekonomickému výpočtu jiného druhu vytápění. Při výpočtech je mimo jiné uvažována také spotřeba a cena elektřiny za ostatní spotřebiče, která se při různých druzích vytápění mění, respektive cena elektřiny se mění, ale spotřeba elektřiny za současného tarifu D 25d je známa a považuje se za neměnnou.

6.2. Navržené druhy vytápění

Zemní plyn

Zemní plyn, jako způsob vytápění, je zde uveden jako srovnávací pro větší přehled. Návrh je proveden pro instalaci kondenzačního kotle Therm17 KD firmy Thermona [12], který dosahuje vysoké účinnosti. Ohřev vody v topné sezoně je také uvažován pomocí tohoto kotle. Tarif pro odběr elektřiny se nemění – D 25d.

Tepelné čerpadlo - země-voda

Jako první zástupce OZE je navrženo tepelné čerpadlo - země-voda. Uložení kolektorů je uvažováno pomocí hlubinného vrtu. Uvažované tepelné čerpadlo pochází od firmy PZP, konkrétně HP3BW 07B [13]. Jedná se o model s nejmenším tepelným výkonem, který má velmi dobrý topný faktor. Maximální výstupní teplota, která postačuje k vytápění v konkrétním domě, je 60 °C. Opět je zde uvažován současný ohřev teplé vody. Zvolený hlubinný vrt poskytuje velmi stabilní topný faktor, což dovoluje při výpočtech nákladů používat průměrný topný faktor, který je průměrem z hodnot uvedených výrobcem.

Při instalaci čerpadla můžeme přejít na výhodnější tarif pro odběr elektřiny, konkrétně na D 56d.

Tepelné čerpadlo - vzduch-voda

Dalším druhem vytápění je tepelné čerpadlo - vzduch-voda. Tento druh čerpadla byl zvolen z důvodu relativně příznivých klimatických podmínek, které dovolují provoz tohoto čerpadla i při nejnižších teplotách v dané lokalitě. Tepelné čerpadlo opět pochází od firmy PZP, konkrétně HP3AWX 06E [14]. Topný faktor tohoto čerpadla, který udává výrobce, je velmi závislý na venkovní teplotě, tudíž pro výpočet byli použity 2 metody kvůli snaze o zpřesnění výsledků.

Solární systém

Pro zhodnocení tepelného zisku a ekonomiky solárního systému je zapotřebí znalost mnoha údajů, které v závěru slouží k vytvoření grafu, jehož ukázka je znázorněna na Obr. 3.7. Bohužel rozsah této práce a také znalost omezených údajů neumožňuje zpracování tohoto zhodnocení při uvažování solárního systému pro vytápění a ohřev vody.

Využití solární energie je uvažováno v podobě ohřevu vody v letním a přechodném období. K tomu slouží 2 solární kolektory Regulus KPS11 [15]. Vytápění zajišťuje současný kotel na dřevo. Solární kolektor je napojen na ohřívací nádrž OKC 300 NTRR/SOL od firmy DZ Dražice [16], který umožňuje nezávislý ohřev vody pomocí solárních kolektorů, kotle ústředního topení a elektřiny.

6.3. Výpočet nákladu

6.3.1. Náklady na provoz – dřevo

Provoz kotle

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Dřevo: Spotřeba dřeva..... | $Q_d = 3\,450\text{ kg/rok}$ |
| Cena dřeva..... | $C_d = 3\text{ Kč/kg}$ |
| Brikety: Spotřeba briket | $Q_b = 500\text{ kg/rok}$ |
| Cena briket | $C_b = 4,5\text{ Kč/kg}$ |

Náklady za provoz kotle..... $C_{t1} = Q_d \cdot C_d + Q_b \cdot C_b = 12\,600\text{ Kč/rok}$

Ostatní elektřina

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Vysoký tarif: Spotřeba elektřiny..... | $Q_{e1v} = 2\,640\text{ kWh/rok}$ |
| Cena elektřiny [17] | $C_{e1v} = 5,4\text{ Kč/kWh}$ |
| Nízký tarif: Spotřeba elektřiny..... | $Q_{e1n} = 2\,700\text{ kWh/rok}$ |
| Cena elektřiny [17] | $C_{e1n} = 2,1\text{ Kč/kWh}$ |
| Měsíční paušál [17]..... | $M_{p1} = 204\text{ Kč/měsíc}$ |

Náklady na elektřinu $C_{e1} = Q_{e1v} \cdot C_{e1v} + Q_{e1n} \cdot C_{e1n} + 12 \cdot M_{p1} = 22\,374\text{ Kč/rok}$

Celkové náklady za provoz kotle a elektřinu... $C_{c1} = C_{t1} + C_{e1} = 34\,974\text{ Kč/rok}$

6.3.2. Náklady na provoz – zemní plyn

Spotřeba plynu

| | |
|--|--|
| Spalné teplo plyn [18]..... | $H_{ps} = 10,55\text{ kWh/m}^3$ |
| Teoretická spotřeba plynu..... | $Q_{pt} = \frac{Q_c}{H_{ps}} = 1\,073\text{ m}^3/\text{rok}$ |
| Účinnost kotle k výhřevnosti [12]..... | $\mu_v = 1,02$ |
| Účinnost kotle ke spalnému teplu [12]..... | $\mu_s = 0,92$ |
| Reálná spotřeba plynu..... | $Q_{pr} = \frac{Q_{pt}}{\mu_s} = 1\,166\text{ m}^3/\text{rok}$ |

Provoz kotle

| | |
|--------------------------|----------------------------------|
| Cena plynu [18]..... | $C_p = 16,46\text{ Kč/m}^3$ |
| Měsíční paušál [18]..... | $M_{p2} = 260,5\text{ Kč/měsíc}$ |

Náklady za provoz kotle..... $C_{t2} = Q_{pr} \cdot C_p + 12 \cdot M_{p2} = 22\,318\text{ Kč/rok}$

Ostatní elektřina

Náklady za ostatní elektřinu uvažujeme stejné jako při topení dřevem, jelikož se spotřeba elektřiny nemění a tarif elektřiny zůstává stejný.

Celkové náklady za provoz kotle a elektřinu... $C_{c2} = C_{t2} + C_{e1} = 44\,692\text{ Kč/rok}$

6.3.3. Náklady na provoz – země-voda

Provoz tepelného čerpadla

| | |
|-----------------------------------|---|
| Průměrný topný faktor [13] | $\varepsilon_{t1} = 3$ |
| Spotřeba elektřiny na provoz..... | $Q_{t1} = \frac{Q_c}{\varepsilon_{t1}} = 3\,773\text{ kWh/rok}$ |
| Průměrná cena elektřiny [17]..... | $C_{e3p} = 2,63\text{ Kč/kWh}$ |
| Náklady za provoz čerpadla | $C_{t3} = Q_{t1} \cdot C_{e3p} = 9\,923\text{ Kč/rok}$ |

Ostatní elektřina

| | |
|---------------------------|---|
| Spotřeba elektřiny..... | $Q_{e3} = Q_{e1n} + Q_{e1v} = 5\,340\text{ kWh/rok}$ |
| Měsíční paušál [17]..... | $M_{p3} = 420\text{ Kč/měsíc}$ |
| Náklady na elektřinu..... | $C_{e3} = Q_{e3} \cdot C_{e1p} + 12 \cdot M_{p3} = 19\,084\text{ Kč/rok}$ |

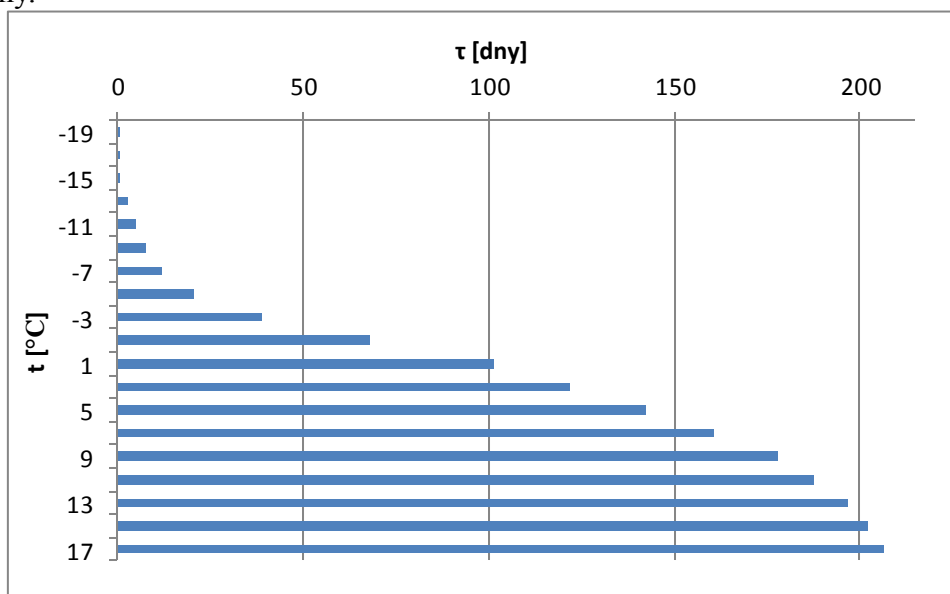
Celkové náklady na provoz tepelného čerpadla a elektřinu

$$C_{c3} = C_{t3} + C_{e3} = 29\,007\text{ Kč/rok}$$

6.3.4. Náklady na provoz – vzduch-voda

Spotřeba na provoz tepelného čerpadla je vypočtena dvěma metodami. První metoda pracuje stejně jako v případě tepelného čerpadla – země-voda s průměrným topným faktorem, který je vypočten z hodnot udaných výrobcem.

Druhá metoda se snaží zahrnout vliv měnícího se topného faktoru. Pomocí dat z meteorologické stanice [19], která leží v klimaticky podobné oblasti jak zvolený rodinný dům, byl zjištěn roční průběh teplot. Z tohoto průběhu teplot lze sestavit roční diagram teplot (Obr. 6.2), který slouží v teplotě pro navrhování výkonu zdrojů tepla. Výpočet, který je uveden na Obr. 6.3, vychází z tohoto diagramu, nicméně jeho algoritmus je mnou vymyšlený.



Obr. 6.2 Roční diagram teplot

Potřeba tepla $Q_c = 11\,320 \text{ kWh}$

| | teplota [°C] | četnost [h] | relativní četnost | intenzita topení - váha | výsledný koeficient | upravený výsledný koeficient | topný faktor | potřeba tepla [kWh] | spotřebovaná energie-bez bivalence [kWh] | spotřebovaná energie s bivalencí [kWh] | |
|----|-----------------|----------------|----------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------------|---|---|------------------|
| i | Ai | Bi | Ci=Bi/ΣBi | Di | Ei=Ci*Di | Fi=Ei*(1/ΣEi) | Gi=0,047 *Ai+2,36 | Hi=Fi*Qc | li=Hi/Gi | od i=8 Ji=Hi/Gi | |
| 1 | -19 | 2 | 0,0004 | 1,00 | 0,00040 | 0,00090 | 1,47 | 10,1 | 6,9 | 8,5 | 0,5*H1/G1+0,5*H1 |
| 2 | -17 | 10 | 0,0020 | 0,95 | 0,00192 | 0,00426 | 1,56 | 48,2 | 30,8 | 39,5 | 0,5*H2/G2+0,5*H2 |
| 3 | -15 | 5 | 0,0010 | 0,90 | 0,00091 | 0,00202 | 1,66 | 22,8 | 13,8 | 17,4 | 0,6*H3/G3+0,4*H3 |
| 4 | -13 | 49 | 0,0099 | 0,85 | 0,00840 | 0,01866 | 1,75 | 211,3 | 120,8 | 157,0 | 0,6*H4/G4+0,4*H4 |
| 5 | -11 | 51 | 0,0103 | 0,80 | 0,00823 | 0,01828 | 1,84 | 207,0 | 112,3 | 140,7 | 0,7*H5/G5+0,3*H5 |
| 6 | -9 | 64 | 0,0129 | 0,75 | 0,00968 | 0,02151 | 1,94 | 243,5 | 125,7 | 149,3 | 0,8*H6/G6+0,2*H6 |
| 7 | -7 | 101 | 0,0204 | 0,70 | 0,01426 | 0,03168 | 2,03 | 358,6 | 176,7 | 194,9 | 0,9*H7/G7+0,1*H7 |
| 8 | -5 | 208 | 0,0420 | 0,65 | 0,02727 | 0,06059 | 2,12 | 685,8 | 323,0 | 323,0 | |
| 9 | -3 | 445 | 0,0898 | 0,60 | 0,05386 | 0,11965 | 2,22 | 1354,4 | 611,0 | 611,0 | |
| 10 | -1 | 693 | 0,1398 | 0,55 | 0,07689 | 0,17080 | 2,31 | 1933,5 | 837,0 | 837,0 | |
| 11 | 1 | 804 | 0,1622 | 0,50 | 0,08110 | 0,18014 | 2,40 | 2039,2 | 848,5 | 848,5 | |
| 12 | 3 | 496 | 0,1001 | 0,45 | 0,04503 | 0,10002 | 2,50 | 1132,2 | 453,5 | 453,5 | |
| 13 | 5 | 491 | 0,0991 | 0,40 | 0,03962 | 0,08801 | 2,59 | 996,3 | 384,6 | 384,6 | |
| 14 | 7 | 435 | 0,0878 | 0,35 | 0,03071 | 0,06823 | 2,68 | 772,3 | 287,8 | 287,8 | |
| 15 | 9 | 423 | 0,0853 | 0,30 | 0,02560 | 0,05687 | 2,78 | 643,7 | 231,8 | 231,8 | |
| 16 | 11 | 224 | 0,0452 | 0,25 | 0,01130 | 0,02509 | 2,87 | 284,1 | 99,0 | 99,0 | |
| 17 | 13 | 223 | 0,0450 | 0,20 | 0,00900 | 0,01999 | 2,96 | 226,2 | 76,3 | 76,3 | |
| 18 | 15 | 128 | 0,0258 | 0,15 | 0,00387 | 0,00860 | 3,06 | 97,4 | 31,9 | 31,9 | |
| 19 | 17 | 105 | 0,0212 | 0,10 | 0,00212 | 0,00471 | 3,15 | 53,3 | 16,9 | 16,9 | |
| | | 4957 | 1,0000 | 10,45 | 0,45018 | 1,00 | | 11320,0 | 4788,3 | 4908,6 | |

Obr. 6.3 Výpočet spotřeby energie (metoda 2)

Provoz tepelného čerpadla

Průměrný topný faktor [14]..... $\varepsilon_{t2} = 2,45$

Spotřeba elektřiny na provoz (metoda 1)..... $Q_{t2} = \frac{Q_c}{\varepsilon_{t2}} = 4\,620 \text{ kWh/rok}$

Spotřeba elektřiny na provoz (Obr. 6.2 - metoda 2) $Q_{t3} = 4\,909 \text{ kWh/rok}$

Průměrná cena elektřiny [17] $C_{e3p} = 2,63 \text{ Kč/kWh}$

Náklady za provoz (metoda 1) $C_{t41} = Q_{t2} \cdot C_{e3p} = 12\,150 \text{ Kč/rok}$

Náklady za provoz (metoda 2) $C_{t42} = Q_{t3} \cdot C_{e3p} = 12\,911 \text{ Kč/rok}$

Ostatní elektřina

Náklady za ostatní elektřinu uvažujeme stejné jako v případě tepelného čerpadla - země-voda, jelikož se spotřeba elektřiny nemění a tarif elektřiny zůstává stejný.

Celkové náklady na provoz tepelného čerpadla a elektřinu (metoda 1)

..... $C_{c41} = C_{t41} + C_{e3} = 31\,234 \text{ Kč/rok}$

Celkové náklady na provoz tepelného čerpadla a elektřinu (metoda 2)

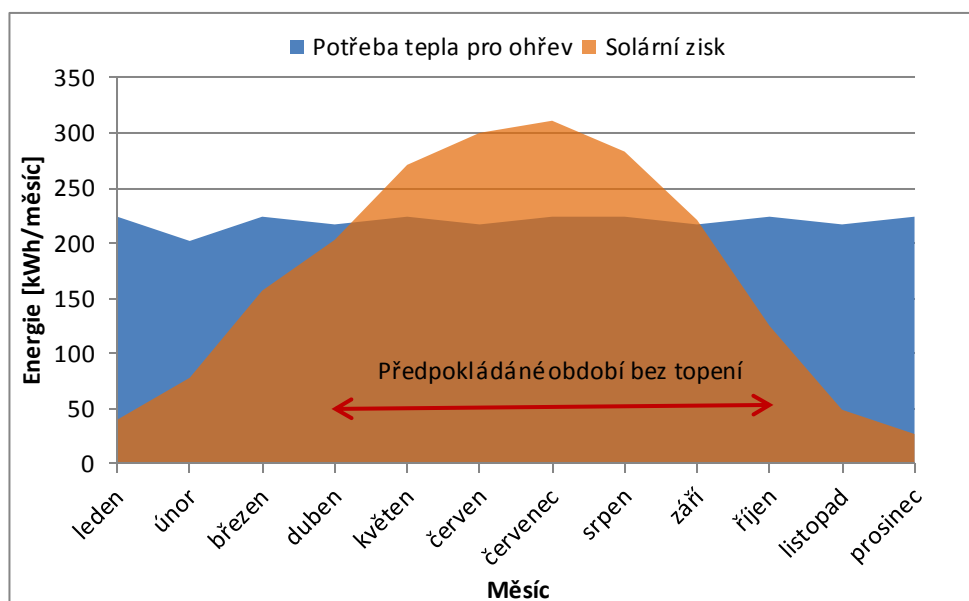
..... $C_{c42} = C_{t42} + C_{e3} = 31\,995 \text{ Kč/rok}$

6.3.5. Náklady na provoz – solární ohřev vody

Pomocí internetového softwaru [20] lze vypočítat zisk solárního kolektoru v průběhu roku. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 6.1 a graficky znázorněny na Obr. 6.4. Je patrné, že v předpokládaném období, kdy se netopí, solární zisk plně pokrývá veškerou potřebu tepla pro ohřev vody. V ostatním období solární zisk pouze podporuje ohřev vody.

| Měsíc | Potřeba tepla [kWh] | Solární zisk [kWh] | Rozdíl zisku a potřeby [kWh] |
|----------|---------------------|--------------------|------------------------------|
| leden | 224 | 40 | -184 |
| únor | 202 | 78 | -124 |
| březen | 224 | 157 | -67 |
| duben | 217 | 203 | -14 |
| květen | 224 | 271 | 47 |
| červen | 217 | 300 | 83 |
| červenec | 224 | 311 | 87 |
| srpen | 224 | 283 | 59 |
| září | 217 | 221 | 4 |
| říjen | 224 | 125 | -99 |
| listopad | 217 | 49 | -168 |
| prosinec | 224 | 27 | -197 |

Tab. 6.1 Potřeba a zisk tepla pro ohřev vody



Obr. 6.4 Graf potřeby a zisku tepla

Provoz kotle

Náklady na provoz kotle se teoreticky sníží. Toto snížení v důsledku částečného solárního ohřevu teplé vody se obtížně vyjadřuje. Osobní odhad teoretické úspory se pohybuje v cca 200 kg dřeva~600 Kč, který pro ukázkou je zahrnut do výpočtu.

Odhad finanční úspory $C_{u1} = 600 \text{ Kč}$

Náklady za provoz kotle $C_{t5} = C_{t1} - C_{u1} = 12\,000 \text{ Kč/rok}$

Ostatní elektřina

Náklady na ostatní elektřinu se sníží důsledkem nepoužívání elektřiny na ohřev vody. Úsporu elektřiny lze vypočítat z Tab. 6.1. Jelikož elektrický ohřev vody je výhradně v nízkém tarifu, spotřebovaná elektřina se zmenší jen v tomto tarifu

Úspora energie v období bez topení (s pomocí Tab. 6.1)

$$Q_u = 217 + 224 + 217 + 224 + 224 + 217 = 1\,323 \text{ kWh/rok}$$

Cena elektřiny v nízkém tarifu [17] $C_{e1n} = 2,1 \text{ Kč/kWh}$

Finanční úspora $C_{u2} = Q_u \cdot C_{e1n} = 2\,778 \text{ Kč}$

Náklady na elektřinu $C_{e5} = C_{e1} - C_{u2} = 19\,596 \text{ Kč/rok}$

Celkové náklady za provoz kotle a elektřinu... $C_{c5} = C_{t5} + C_{e5} = 31\,596 \text{ Kč/rok}$

6.4. Pořizovací náklady

Jednotlivé navržené druhy vytápění a ohřevu vody se výrazně liší v pořizovacích nákladech. Do těchto nákladů se počítají náklady na technologie, materiál, práci a zpracování projektu. Některé uvedené ceny jsou na základě cenové nabídky zpracované výrobcem. Ostatní ceny jsou pouze odhadem, jelikož skutečná cena se stanovuje na základě projektu nebo po domluvě s konkrétními firmami.

Kotel na dřevo (včetně DPH)

| Technologie + materiál | Práce + ostatní |
|--------------------------|--------------------|
| •Kotel – 26 074 Kč | •Montáž – 2 000 Kč |
| Celkem: 28 074 Kč | |

Zemní plyn (včetně DPH)

| Technologie + materiál | Práce + ostatní |
|------------------------------|-----------------------------|
| •Kotel – 40 320 Kč | •Montáž – 5 000 Kč |
| •Ostatní materiál – 2 000 Kč | •Přípojka plynu – 50 000 Kč |
| •Odkouření – 5 000 Kč | |
| Celkem: 102 320 Kč | |

Tepelné čerpadlo – země-voda (včetně DPH)

| Technologie + materiál | Práce + ostatní |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| •Tepelné čerpadlo – 147 000 Kč | •Realizace vrtu (60 m) – 60 690 Kč |
| •Akumulační nádoba – 14 774 Kč | •Naplnění kolektoru – 4 760 Kč |
| •Zásobník teplé vody – 15 850 Kč | •Montáž – 31 500 Kč |
| •Oběhové čerpadla – 3 100 Kč | •Zprovoznění a zaškolení – 5 950 Kč |
| •Elektrokotel – 5 540 Kč | •Elektroinstalace – 5 000 Kč |
| •Ostatní materiál – 2 000 Kč | |
| Celkem: 296 164 Kč | |

Tepelné čerpadlo – vzduch-voda (včetně DPH)

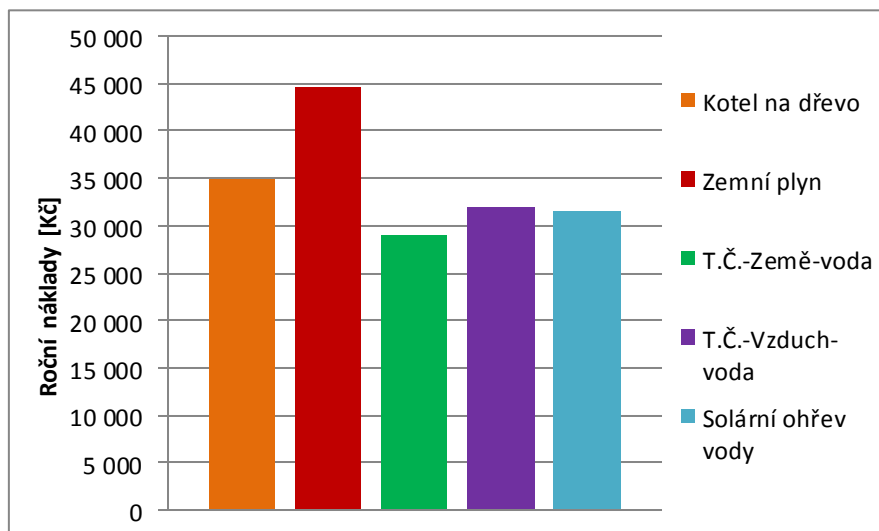
| Technologie + materiál | Práce + ostatní |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Tepelné čerpadlo – 212 000 Kč • Akumulační nádoba – 14 774 Kč • Zásobník teplé vody – 15 850 Kč • Oběhové čerpadlo – 1 950 Kč • Elektrokotel – 5 540 Kč • Ostatní materiál – 2 000 Kč | <ul style="list-style-type: none"> • Montáž – 15 470 Kč • Zprovoznění a zaškolení – 6 900 Kč • Elektroinstalace – 5 000 Kč |
| Celkem: 279 484 Kč | |

Solární ohřev vody (včetně DPH)

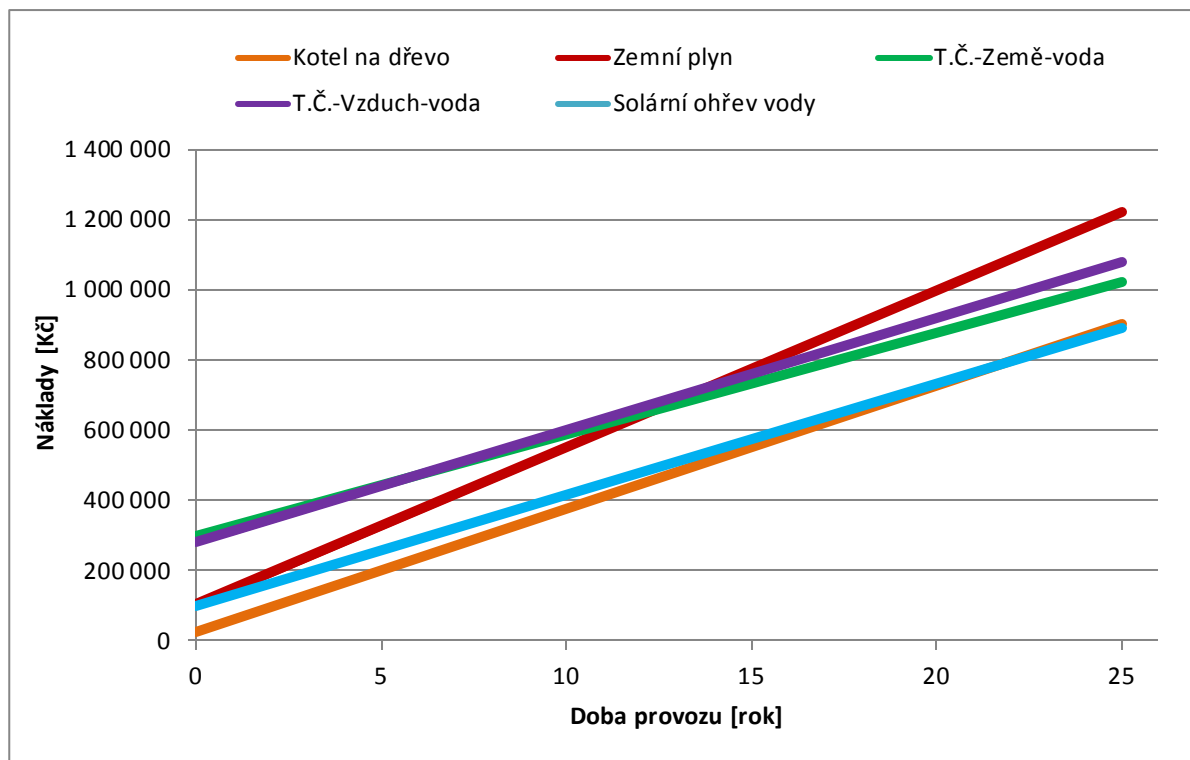
| Technologie + materiál | Práce + ostatní |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Solární kolektory – 28 560 Kč • Čerpadlová skupina s regulací – 13 188 Kč • Ohřívací nádrž – 20 500 Kč • Nosná konstrukce – 5 000 Kč • Expanzní nádoba – 1 200 Kč • Propojovací díly – 3 000 Kč • Ostatní materiál – 10 000 Kč | <ul style="list-style-type: none"> • Montáž – 15 000 Kč • Zprovoznění a zaškolení – 5 000 Kč |
| Celkem: 101 448 Kč | |

6.5. Ekonomické zhodnocení

Pro základní ekonomické zhodnocení je ideální vypočítané provozní a pořizovací náklady zobrazit v grafické podobě. Zobrazení v jednom grafu velmi přehledně porovnává jednotlivé druhy vytápění a ohřevu vody. Na Obr. 6.5 lze porovnat roční náklady. Na Obr. 6.6 je zobrazeno porovnání v průběhu 25 let a lze z něj vidět celkové náklady jednotlivých druhů vytápění. Do těchto nákladů jsou zahrnuty provozní náklady, pořizovací náklady a náklady za ostatní elektřinu. Výsledné křivky jsou sestaveny bez uvažování růstu cen a případného servisu.



Obr. 6.5 Porovnání ročních nákladů



Obr. 6.6 Celkové náklady v průběhu provozu

Z Obr. 6.5 je vidět, že nejmenší roční náklady jsou v případě tepelného čerpadla - země-voda. S poměrně malým odstupem následují solární ohřev vody, tepelné čerpadlo - vzduch-voda a kotel na dřevo. Nejdražší způsob zde vychází zemní plyn, který je téměř o 10 tisíc Kč dražší než tepelné čerpadlo - země-voda. Je to dáno tím, že zemní plyn je poměrně komfortní palivo, u kterého jsou ceny relativně vysoké. Nižší náklady u tepelných čerpadel způsobuje především výhodná sazba elektřiny, která se projeví na veškerou elektrickou spotřebu. Nižší náklady v případě solárního ohřevu vody oproti kotli na dřevo jsou dány téměř nulovými provozními náklady solárního ohřevu vody.

Z výsledných křivek na Obr. 6.6 můžeme jasně vidět, který systém ve zvoleném domě vychází nejlépe či nejhůře. Nejhorší bilanci má zemní plyn, který i přes svoje relativně malé pořizovací náklady dosahuje největších celkových nákladů.

Obě tepelná čerpadla mají podobné křivky nákladů, ovšem tepelné čerpadlo - země-voda vychází nakonec lépe a to díky menším provozním nákladům. Velmi vysoké pořizovací náklady u tepelných čerpadel dokonce způsobují to, že v prvních cca 12 letech vychází provoz tepelného čerpadla jako nejdražší varianta. Postupem času ovšem celkové náklady klesají.

Solární ohřev vody má podobné pořizovací náklady jak zemní plyn, ovšem jeho provozní náklady jsou téměř nulové. To způsobuje, že za předpokládanou dobu provozu 25 let dosahuje takto zvolený systém nejmenších celkových nákladů oproti stávajícímu systému.

7. Závěr

Volba vhodného zdroje pro vytápění či ohřev vody se stává stále důležitějším rozhodnutím, především z důvodu snížení financí. K tomuto důvodu se v současné době přidává také zájem o ochranu životního prostředí. Uvedená bakalářská práce měla za úkol představit obnovitelné zdroje, které mohou být ekologické, a jejich využívání může přinášet úsporu financí.

Využívání obnovitelných zdrojů s sebou ve většině případů přináší relativně složité a nákladné zařízení, které většinou umožňuje pouze využívání konkrétního obnovitelného zdroje s omezenou životností. V první části práce lze nalézt výhody či nevýhody, které specifikují použití daného zařízení. Lze konstatovat, že trend ve výrobě směřuje k stále více sofistikovaným zařízením pro dosažení velkého komfortu při obsluze a vysoké účinnosti. To s sebou přináší bohužel vyšší pořizovací náklady, které se nemusí za dobu své životnosti zhodnotit. Naproti tomu můžeme pozorovat postupné zlevňování technologií, díky čemuž se tyto zařízení stávají dostupnější pro větší počet lidí.

Ekonomické zhodnocení vybraných způsobů vytápění a ohřevu vody je obsahem druhé části práce. Snahou bylo základní porovnání obnovitelných zdrojů mezi sebou, ale i vůči zástupci fosilních paliv, respektive zemnímu plynu. Veškeré navržené druhy vytápění vycházejí dražší než současný kotel na dřevo. To je důvodem, proč v současné době stále více domácností přechází na vytápění biomasou. Důležité je zmínit, že ceny biomasy také postupně porostou a ekologičnost těchto zařízení je úzce spojena s promyšleným provozem, který ovšem v některých případech zcela chybí.

Tepelné čerpadla se zdají být řešením do nízkoenergetických novostaveb. Jejich provoz patří k nejlevnějším a je velmi komfortní. Navíc výrazně šetří náklady elektrických spotřebičů. Zásadní nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, které způsobují po dobu své životnosti vyšší celkové náklady oproti vytápění kotlem na dřevo.

Využívání solární energie v sobě ukrývá největší potenciál. Pořizovací náklady nepatří mezi nejvyšší a návratnost lze očekávat po dobu své životnosti. Navíc nabídka solárních systémů je velmi široká a umožňuje i relativně jednoduchou instalaci. Při růstu cen ostatních energií a vývoji technologií lze předpokládat stále větší finanční výhodnost.

Z výsledků pro konkrétní dům je patrné, že obnovitelné zdroje už v současné době mohou mít levnější provoz než doposud používané zdroje. Navíc lze konstatovat, že v budoucnu budou obnovitelné zdroje mnohem levnější vůči všem fosilním palivům. To lze předpokládat díky vývoji technologií v tomto oboru, růstu cen fosilních paliv, ale i díky státním podporám obnovitelných zdrojů.

Seznam použitých zdrojů

- [1] QUASCHNING, Volker a BARTOŠ, Václav. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha : Grada, 2010. 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [2] PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. Bratislava : Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4 .
- [3] ŠRUBAŘOVÁ, Petra. 15. mezinárodní konference o pasivních domech Passivhaustagung 2011. *Tzb-info*. [Online] 4. 11. 2011. [cit. 2011-12-1]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/7998-15-mezinarodni-konference-o-pasivnich-domech-passivhaustagung-2011>. ISSN 1801-4399.
- [4] BUFKA, Aleš. Obnovitelné zdroje energie v roce 2010. *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [Online] 26. 10. 2011. [cit. 2012-1-22]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument91279.html>.
- [5] BERANOVSKÝ, Jiří a TRUXA, Jan. *Alternativní energie pro váš dům*. Brno : Ekowatt, 2004. 125 s. ISBN 80-86517-89-6.
- [6] SRDEČNÝ, Karel a TRUXA, Jan. *Tepelná čerpadla*. Brno : ERA, 2005. 68 s. ISBN 80-7366-031-8.
- [7] BLÁHA, Marek. Velký test tepelných čerpadel. *Tzb-info*. [Online] 11. 10. 2010. [cit. 2012-3-3]. Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/6841-velky-test-tepelnych-cerpadel>. ISSN 1801-4399.
- [8] Elektrárny ČEZ spalující biomasu. *ČEZ*. [Online] 2012. [cit. 2012-3-20]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/elektrarny-cez-spalujici-biomasu.html>.
- [9] EBERT, Hans-Peter. *Topení dřevem*. Ostrava : HEL, 2007. 159 s. ISBN 978-80-86167-29-9.
- [10] MURTINGER, Karel a BERANOVSKÝ, Jiří. *Energie z biomasy*. Brno : ERA, 2006. 94 s. ISBN 80-7366-071-7.
- [11] MĚCHURA, Petr. Vytápění biomasou v rodinných domcích s účinností přes 110% - sen a nebo realita. *Tzb-info*. [Online] 16. 5. 2006. [cit. 2012-3-19]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3291-vytapani-biomasou-v-rodinnych-domcich-s-ucinnosti-pres-110-sen-a-nebo-realita>. ISSN 1801-4399.
- [12] Kotel Therm 17 KD. *Thermona*. [Online] [cit. 2012-4-12]. Dostupné z: <http://thermona.cz/kotel-therm-17-kd>.
- [13] Systémy země-voda a voda-voda HPBW/HPWW-modely E a G. *Tepelná čerpadla PZP*. [Online] 2. 2011. [cit. 2012-2-15]. Dostupné z: http://www.tepelna-cerpadla-pzp.cz/userfiles/download/%5B126%5D_web-hpbw_hpww_e-g_98_cs_verze_121_02_2011_lq.pdf.

- [14] Tepelná čerpadla vzduch-voda AWX. *Tepelné čerpadla PZP*. [Online] 1. 2011. [cit. 2012-2-15]. Dostupné z: http://www.tepelna-cerpadla/pzp.cz/userfiles/download/%5B125%5D_web-hpawx_99_cs_verze_130_01_2011_lq.pdf.
- [15] Sluneční kolektor KPS11. *Regulus*. [Online] 2010-2012. [cit. 2012-4-12]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/slunecni-kolektor-kps11-prizm-sklo-124-7x200x9-6-prip-4xcu>.
- [16] Bojler Dražice OKC300 NTRR/SOL. *Solarenvi*. [Online] ©2012. [cit. 2012-3-14]. Dostupné z: <http://www.solarenvi.cz/slunecni-kolektory/produkty/bojlery-a-nadrze/bojler-drazice-okc300-ntrr-sol/>.
- [17] Ceny paliv a energií. *Tzb-info*. [Online] 2001-2012. [cit. 2012-5-2]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie#d02>. ISSN 1801-4399.
- [18] Přehled cen zemního plynu. *RWE*. [Online] [cit. 2012-3-20]. Dostupné z: http://www.rwe.cz/cs/media/ceny-zp-2012/01_VCP_cenik_ZP_010112.pdf?jis=20120118121323.
- [19] Meteorologická stanice Mostek. *Souvrat*. [Online] [cit. 2012-3-10]. Dostupné z: <http://www.souvrat.eu/html/start.html>.
- [20] REINBERK, Zdeněk. Zjednodušená bilance solárního kolektoru. *Tzb-info*. [Online] 2001-2012. [cit. 2012-4-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>. ISSN 1801-4399.
- [21] Drtiče a štěpkovače. *Náradí Bartoš*. [Online] [cit. 2012-3-20]. Dostupné z: <http://www.naradibartos.cz/kotoucovy-stepkovac-jensen-a231-pro-kardan-otocny-podvozek-1.html>.
- [22] Kachlová kamna. *E-teplo*. [Online] [cit. 2012-3-28]. Dostupné z: <http://www.e-teplo.cz/krby-a-kamna/kachlova-kamna/euroteplo-kachlova-kamna-mijava-super-max-ii-litina-1421.html>.
- [23] Energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla. *Teplo domova*. [Online] [cit. 2012-3-7]. Dostupné z: <http://www.teplodomova.com/search.php?rsvelikost=sab&rstext=all-phpRS-all&rstema=4>.
- [24] Parabolic Trough Solar Thermal Collector. *Solarpanelsplus*. [Online] ©2012. [cit. 2012-1-28]. Dostupné z: <http://www.solarpanelsplus.com/parabolic-trough-collectors/>.
- [25] Produkty. *Kotle-Verner*. [Online] [cit. 2012-3-28]. Dostupné z: <http://www.kotle-verner.cz/produkty>.
- [26] Solární panely. *Lemmar.webnode*. [Online] ©2008. [cit. 2012-1-15]. Dostupné z: <http://lemmar.webnode.cz/solarni-kolektory/>.
- [27] Solární vakuové trubicové kolektory. *Levnevytapeni*. [Online] ©2010. [cit. 2012-2-3]. Dostupné z: <http://www.levnevytapeni.com/?5-solarni-vakuo-ve-trubicove-kolektory>.

- [28] Topolové farmy. *Bendacon*. [Online] ©2012. [cit. 2012-3-20]. Dostupné z: <http://www.bendacon.cz/foto/topolova-farma-oregon/>.
- [29]. Solární kolektor TS310. *Thermosolar*. [Online] [cit. 2012-3-3]. Dostupné z: <http://www.thermosolar.sk/UserFiles/Image/Kolektory/TS310-rez.jpg>.
- [30] STUPAVSKÝ, Vladimír. Potřeba tepla pro rodinný dům ve vztahu k energetickému výnosu solárních kolektorů během roku. *Biom*. [Online] 2001-2009. [cit. 2012-4-14]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/obrazek/potreba-tepla-pro-rodinny-dum-ve-vztahu-k-energeticke-mu-vynosu-solarnich-kolektoru-behem-roku>.

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbole:

| | | |
|-----------|-----------------------|--|
| A_s | [kWh] | spotřebovaná práce |
| C_b | [Kč/kg] | cena briket |
| C_{c1} | [Kč/rok] | celkové náklady v případě kotle na dřevo |
| C_{c2} | [Kč/rok] | celkové náklady v případě kotle na plyn |
| C_{c3} | [Kč/rok] | celkové náklady v případě TČ – země-voda |
| C_{c41} | [Kč/rok] | celkové náklady v případě TČ - vzduch-voda (metoda 1) |
| C_{c42} | [Kč/rok] | celkové náklady v případě TČ - vzduch-voda (metoda 2) |
| C_{c5} | [Kč/rok] | celkové náklady v případě solárního systému |
| C_d | [Kč/kg] | cena dřeva |
| C_{e1} | [Kč/rok] | náklady na elektřinu v případě kotle na dřevo |
| C_{e1n} | [Kč/kWh] | cena elektřiny – nízký tarif |
| C_{e1v} | [Kč/kWh] | cena elektřiny – vysoký tarif |
| C_{e3} | [Kč/rok] | náklady za elektřinu v případě tepelného TČ |
| C_{e3p} | [Kč/kWh] | průměrná cena elektřiny při provozu TČ |
| C_{e5} | [Kč/rok] | náklady za elektřinu v případě solárního systému |
| C_p | [Kč/ m ³] | cena plynu |
| C_{t1} | [Kč/rok] | náklady za provoz kotle na dřevo |
| C_{t2} | [Kč/rok] | náklady za provoz kotle na plyn |
| C_{t3} | [Kč/rok] | náklady za provoz TČ – země-voda |
| C_{t41} | [Kč/rok] | náklady za provoz TČ – vzduch-voda (metoda 1) |
| C_{t42} | [Kč/rok] | náklady za provoz TČ – vzduch-voda (metoda 2) |
| C_{t5} | [Kč/rok] | náklady za provoz kotle v případě solárního systému |
| C_{u1} | [Kč/rok] | odhad finanční úspory v případě solárního systému |
| C_{u2} | [Kč/rok] | finanční úspora za elektřinu v případě solárního systému |
| H_b | [MJ/kg] | průměrná výhřevnost briket |
| H_d | [MJ/kg] | průměrná výhřevnost dřeva |
| H_{ps} | [kWh/m ³] | spalné teplo plynu |
| M_{p1} | [Kč/měsíc] | měsíční paušál za elektřinu v případě kotle na dřevo |
| M_{p2} | [Kč/měsíc] | měsíční paušál za plyn v případě kotle na plyn |
| M_{p3} | [Kč/měsíc] | měsíční paušál za elektřinu v případě TČ |
| Q_b | [kg/rok] | spotřeba briket |
| Q_c | [kWh/rok] | teoretická spotřeba energie |
| Q_{cr} | [MJ/rok] | reálná spotřeba energie |
| Q_d | [kg/rok] | spotřeba dřeva |
| Q_{e1n} | [kWh/rok] | spotřeba elektřiny – nízký tarif |
| Q_{e1v} | [kWh/rok] | spotřeba elektřiny – vysoký tarif |
| Q_{e3} | [kWh/rok] | spotřeba elektřiny v případě TČ |
| Q_{pr} | [m ³ /rok] | reálná spotřeba plynu |
| Q_{pt} | [m ³ /rok] | teoretická spotřeba plynu |
| Q_{t1} | [kWh/rok] | spotřeba elektřiny za provoz TČ – země-voda |
| Q_{t2} | [kWh/rok] | spotřeba elektřiny za provoz TČ - vzduch-voda (metoda 1) |
| Q_{t3} | [kWh/rok] | spotřeba elektřiny za provoz TČ - vzduch-voda (metoda 2) |
| Q_u | [kWh/rok] | úspora energie v případě solárního systému |
| Q_z | [kWh] | získané teplo k vytápění |

| | | |
|--------------------|-----|---|
| ε_T | [-] | topný faktor |
| ε_{t1} | [-] | průměrný topný faktor TČ – země-voda |
| ε_{t2} | [-] | průměrný topný faktor TČ – vzduch-voda |
| μ_k | [-] | účinnost kotle na dřevo |
| μ_s | [-] | účinnost kotle na plyn vztažená ke spalnému teplu |
| μ_v | [-] | účinnost kotle na plyn vztažená k výhřevnosti |

Zkratky:

| | |
|-----|-----------------------------|
| ČR | Česká republika |
| DPH | daň z přidané hodnoty |
| OSN | organizace spojených národů |
| OZE | obnovitelný zdroj energie |
| TČ | tepelné čerpadlo |
| USA | Spojené státy americké |